1892

Ueber den Keimgehalt des Grundwassers in Dorpat und Brunnendesinfectionsversuche.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Stanisław Bratanowicz.

Ordentliche Opponenten:

Priv.-Doc. Dr. **F. Krüger.** — Prof. Dr. **K. Dehio.** — Prof. Dr. **B. Körber.**

Dorpat.

Schnakenburg's Buchdruckerei.

1892.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.
Referent: Professor Dr. B. Körber.
Dorpat, den 16. November 1892.
No. 914. Decan: **Dragendorff.**

Dem Andenken meines Vaters

und

meinem väterlichen Freunde

W. Kurtyński

in Dankbarkeit gewidmet.

Beim Scheiden von der hiesigen Hochschule ergreife
h mit Freuden die Gelegenheit, allen meinen hochver-
rten Lehrern, vor Allem Herrn Prof. Raehlmann,
ssen Unterassistent zu sein ich die Ehre gehabt habe
r die mir zu Theil gewordene wissenschaftliche Ausbil-
ng meinen Dank auszusprechen.

Insbesondere erlaube ich mir Herrn Prof. Dr. B. Kör-
er, dem ich das Thema zur vorliegenden Arbeit verdanke,
einen herzlichsten Dank für die liebenswürdige Unter-
ützung mit Rath und That, die er mir stets zugewendet
t, auszusprechen.

Die Maassregeln zur Abwehr der Infectionskrankheiten werden gegen alle diejenigen Einflüsse gerichtet werden müssen, welche sich als bedeutungsvoll für die Verbreitung von Infectionskrankheiten ergeben haben. Nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens hinsichtlich der Aetiologie der Infectionskrankheiten sind wir hauptsächlich auf Boden, Luft und Wasser unsere Aufmerksamkeit zu lenken hingewiesen. Welches von den drei genannten Medien als das Maassgebenste in der Verbreitung der Epidemien angesehen werden soll, ist bis jetzt schwer zu entscheiden, da die Frage über die Bedeutung der erwähnten Factoren seit langer Zeit ein Gegenstand des heftigen wissenschaftlichen Streites gewesen und die Theorien behufs der Entstehung und Verbreitung der Infectionskrankheiten bis heutzutage differiren, worauf uns die umfangreichen und ausführlichen Arbeiten auf diesem Gebiete von vielen Forschern neuerer Zeit hinweisen. Aus dieser Litteratur können wir aber ohne Zweifel eine feste Ueberzeugung gewinnen, dass das Verlangen nach einem Trink- und Nutzwasser nicht allein aus ästhetischen Gründen geschieht, sondern, dass die Forderungen, die heutzutage an das Wasser von zahlreichen Forschern der modernen Hygiene gestellt werden, eine viel wichtigere Bedeutung haben.

Es ist schon mehrmals festgestellt worden, dass diejenigen Krankheiten, welche durch Eingeweidewürmer be-

wirkt werden, so wie einige auf Microorganismen beruhende Affectionon, unter diesen hauptsächlich Cholera und Typhus abdominalis, durch das Wasser verbreitet werden können. Ich verzichte auf die Aufzählung der publicirten und von zahlreichen glaubwürdigen Autoren beschriebenen Fälle, wo ein sicherer Zusammenhang für Typhus und Cholera mit dem Genusse von inficirtem Wasser festgestellt ist, und begnüge mich nur mit der Hinweisung auf die Arbeiten des Hauptforschers der Trinkwassertheorie R. Koch[1]).

Koch und Gaffky theilen uns in ihrem Berichte über die Reise, die sie 1883 im Auftrage des Deutschen Reiches zur Erforschung der Cholera machten, mit, dass in der Entstehung und Verbreitung der Choleraepidemie hauptsächlich das Wasser angeschuldigt werden muss: „in den meisten Fällen wird allerdings der Infectionsstoff mit den Dejectionen in den Boden gelangen und irgendwie einmal seinen Weg in den Wasserbehälter finden," indem in Indien sehr häufig localisirte Epidemien in der Umgebung der sogenannten Tanks (kleine von Hütten umgebene Teiche und Sümpfe, welche den Anwohnern ihren sämmtlichen Wasserbedarf liefern) ausbrachen. Die Richtigkeit der Meinung hat sich auf's sicherste bestätigt, indem bei einer engbegrenzten Choleraepidemie in einer Vorstadt Kalkuttas, in dem Wasser des Tanks, der zu den inficirten Häusern gehörte, durch Koch die Anwesenheit von Cholerabacillen geliefert wurde. Dasselbe gilt auch für Typhus; auch der Nachweis des Typhuscontagiums im Trinkwasser ist Michael[2]), Brouardel und Chantemesse[3]), Beu-

1) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. III.

2) Citat bei Kubel-Tiemann, pag. 433.

3) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. VI. 1888.

ner[1]), Kowalski[2]) und in der neuesten Zeit Dr. Kamen[3]) geglückt. Wir müssen also nach obiger Betrachtung Prof. Hueppe[4]) beistimmen, welcher auf dem VI. internationalen Congress für Hygiene constatirte, „dass in einer Reihe von Fällen die Wasserversorgung bei dem Verlaufe von Epidemien das am besten markirte Moment war und dass sich die Verbreitung der Infectionskrankheiten bisweilen mit der Benutzung eines schlechten Wassers deckt."

Nachdem die Epidemiologie mit zwingender Nothwendigkeit auf das Wasser, als einen Infectionsvermittler hingewiesen hat und nachdem das Mikroscop so wie die bacteriologische Untersuchungsmethode die Erreger der Krankheiten im Wasser nachgewiesen haben, darf man sich nicht mehr wundern, dass der Wasserfrage eine so wichtige Bedeutung zuerkannt wird.

Als ich mich an Herrn Prof. Dr. Körber mit dem Wunsche, im Hygienischen Institute arbeiten zu dürfen, wandte, schlug er mir das betreffende Thema vor. Die Veranlassung zur Bearbeitung der vorliegenden Frage gab die diesjährige Choleraepidemie, welche zur Zeit, wo ich meine Arbeit beginnen wollte, schon eine recht grosse Ausbreitung im Russischen Reiche gewonnen hatte und Tag für Tag neue Gebiete Russlands überfiel. Ich übernahm demnach die vorgeschlagene Arbeit mit doppeltem Interesse, weil ich der Ueberzeugung war, dass die Lösung der Frage über die Brunnendesinfection gerade zu der Zeit, wo wir mit der Epidemie zu kämpfen hatten, nicht nur eine wissenschaftliche, sondern auch in practischer Hinsicht eine nicht minder grosse Bedeu-

1) Citat bei Kubel-Tiemann, pag. 433.
2) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. IV. 1888.
3) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. XI. 1892.
4) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. XXI, pag. 343.

wirkt werden, so wie einige auf Microorganismen beruhende Affectionon, unter diesen hauptsächlich Cholera und Typhus abdominalis, durch das Wasser verbreitet werden können. Ich verzichte auf die Aufzählung der publicirten und von zahlreichen glaubwürdigen Autoren beschriebenen Fälle, wo ein sicherer Zusammenhang für Typhus und Cholera mit dem Genusse von inficirtem Wasser festgestellt ist, und begnüge mich nur mit der Hinweisung auf die Arbeiten des Hauptforschers der Trinkwassertheorie R. Koch[1]).

Koch und Gaffky theilen uns in ihrem Berichte über die Reise, die sie 1883 im Auftrage des Deutschen Reiches zur Erforschung der Cholera machten, mit, dass in der Entstehung und Verbreitung der Choleraepidemie hauptsächlich das Wasser angeschuldigt werden muss: „in den meisten Fällen wird allerdings der Infectionsstoff mit den Dejectionen in den Boden gelangen und irgendwie einmal seinen Weg in den Wasserbehälter finden," indem in Indien sehr häufig localisirte Epidemien in der Umgebung der sogenannten Tanks (kleine von Hütten umgebene Teiche und Sümpfe, welche den Anwohnern ihren sämmtlichen Wasserbedarf liefern) ausbrachen. Die Richtigkeit der Meinung hat sich auf's sicherste bestätigt, indem bei einer engbegrenzten Choleraepidemie in einer Vorstadt Kalkuttas, in dem Wasser des Tanks, der zu den inficirten Häusern gehörte, durch Koch die Anwesenheit von Cholerabacillen geliefert wurde. Dasselbe gilt auch für Typhus; auch der Nachweis des Typhuscontagiums im Trinkwasser ist Michael[2]), Brouardel und Chantemesse[3]), Beu-

1) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. III.

2) Citat bei Kubel-Tiemann, pag. 433.

3) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. VI. 1888.

ner[1]), Kowalski[2]) und in der neuesten Zeit Dr. Kamen[3]) geglückt. Wir müssen also nach obiger Betrachtung Prof. Hueppe[4]) beistimmen, welcher auf dem VI. internationalen Congress für Hygiene constatirte, „dass in einer Reihe von Fällen die Wasserversorgung bei dem Verlaufe von Epidemien das am besten markirte Moment war und dass sich die Verbreitung der Infectionskrankheiten bisweilen mit der Benutzung eines schlechten Wassers deckt."

Nachdem die Epidemiologie mit zwingender Nothwendigkeit auf das Wasser, als einen Infectionsvermittler hingewiesen hat und nachdem das Mikroscop so wie die bacteriologische Untersuchungsmethode die Erreger der Krankheiten im Wasser nachgewiesen haben, darf man sich nicht mehr wundern, dass der Wasserfrage eine so wichtige Bedeutung zuerkannt wird.

Als ich mich an Herrn Prof. Dr. Körber mit dem Wunsche, im Hygienischen Institute arbeiten zu dürfen, wandte, schlug er mir das betreffende Thema vor. Die Veranlassung zur Bearbeitung der vorliegenden Frage gab die diesjährige Choleraepidemie, welche zur Zeit, wo ich meine Arbeit beginnen wollte, schon eine recht grosse Ausbreitung im Russischen Reiche gewonnen hatte und Tag für Tag neue Gebiete Russlands überfiel. Ich übernahm demnach die vorgeschlagene Arbeit mit doppeltem Interesse, weil ich der Ueberzeugung war, dass die Lösung der Frage über die Brunnendesinfection gerade zu der Zeit, wo wir mit der Epidemie zu kämpfen hatten, nicht nur eine wissenschaftliche, sondern auch in practischer Hinsicht eine nicht minder grosse Bedeu-

1) Citat bei Kubel-Tiemann, pag. 433.
2) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. IV. 1888.
3) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. XI. 1892.
4) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. XXI, pag. 343.

tung gewinnen könnte, zumal wenn es mir gelingen sollte, ein Mittel aufzufinden, das ich als ein sicheres Desinficiens anzuempfehlen im Stande wäre. Fassen wir nun unsere Dörptschen Verhältnisse ins Auge, so sehen wir, dass nur in den Universitätsgebäuden seit 1888 eine regelrechte Wasserleitung eingeführt worden ist. Die ganze übrige Bevölkerung schöpft ihr Trinkwasser meist aus flachen Kesselbrunnen, die bekanntlich vom hygienischen Standpunkte aus als die schlechtesten Wasseranlagen angesehen werden müssen. Für die Reinhaltung des Bodens wird ebenfalls von der Stadt keine grössere Sorge angewendet. Heutzutage, wo die Cholera vor der Thür steht, müssen wir uns erst recht ernst die Worte Fränkel's ans Herz legen: „kein anderes Nahrungs- oder Genussmittel findet eine so allgemeine und vielfache Anwendung, wird vor dem Gebrauche so wenig verändert, wie das Wasser, kein anderes ist alledem in der Regel Verunreinigungen jeder Art so schutzlos preisgegeben, wie eben dies. Und hat man hiermit schon unter gewöhnlichen Verhältnissen zu rechnen, so wird die Gefahr eine noch grössere wenn Umstände eintreten, welche die Möglichkeit einer Infection des Trinkwassers besonders naherücken und das Eindringen der Krankheitsstoffe in dasselbe irgendwie begünstigen[1])."

Zuletzt sei mir noch an dieser Stelle erlaubt dem Herrn Prof. Körber für die Anregung und bereitwilligste Leitung, mit welcher er während der ganzen Zeit meiner Arbeit mir entgegenkam, noch einmal meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

---

1) Zeitschrift für Hygiene Bd. VI. Untersuchung über Brunnendesinfection und den Keimgehalt des Grundwassers, pag. 23.

Die Brunnen, an welchen ich experimentirte, waren drei
ı der Zahl, von denen zwei vor etwa $2^1/_2$ Jahren, der dritte
)r 2 Jahren angelegt worden waren. Alle drei Brunnen,
ɔren Abstände von einander höhstens $1^1/_2$ Meter betragen,
nd nur zu Untersuchungszwecken in einem Garten, der in
ner Niederung am rechten Ufer des Embach gelegen ist,
ıgelegt worden. Zwei von den zuerst angelegten sind schon
)n Keck[1]), dem sie als Untersuchungsobject dienten, fol-
endermaassen beschrieben worden: „in die Erde wurde ein
iereckiges Loch bis unter den Grundwasserspiegel gegraben,
ısdann wurden drei Thonröhren von 32 Cm. Durchmesser
bereinander hineingelassen. Die Verbindung zwischen den
ınzelnen Röhren wurden durch Becherverschluss und Ce-
ıent hergestellt und so das Eindringen fremder Elemente
ı den Brunnen von der Seite her verhindert; damit auch
on oben her jegleiche Verunreinigung vermieden werden
önnte, wurden die oberen Oeffnungen durch gut schliessende
lolzdeckel verschlossen. Die Bodenschichten, durch welche
ıan beim Graben durchdringen musste, waren schwarze Erde
nd Lehm mit Torf gemischt.“ Die Anlegung des dritten
runnens, geschah, wie ich erfahren habe, in derselben
Veise, nur dass die zur Fassung des Brunnens benutzten
honröhren 22 Cm. Durchmesser betragen und bedeutend
efer, bis zur Sandschichte hineingelassen worden sind. Um
nige von mir gewonnene Resultate mit den von Keck be-
chriebenen eventuell vergleichen zu können, behalte ich
ie von ihm angegebene Nummerirung der Brunnen und

1) Ueber das Verhalten der Bacterien im Grundwasser Dorpats.
issert. Dorpat 1890.

bezeichne sie in meiner Arbeit als Brunnen IV A, IV B und IV C. Der Construction nach müssen also alle drei Brunnen als Kesselbrunnen bezeichnet werden; die von mir aufgenommenen Tiefenmaasse ergeben, dass der Boden des Brunnens IV A, von der Erdoberfläche gerechnet, 192 Cm., IV B — 184 Cm. und IV C — 240 Cm. tief liegt und dass die Röhren der Brunnen IV A und IV B um 40 Cm., bei IV C nur um 10 Cm. den Erdboden überragen.

Im Juli 1890 schloss Keck seine Untersuchungen ab und seit der Zeit bis zum Juli 1892, wo ich meine Arbeit begann, waren die Brunnen mit Holzdeckeln verschlossen und ruhig stehen gelassen. Bevor ich aber zu meinen Versuchen, Brunnen zu desinficiren, schreiten konnte, musste ich mir selbstredend die Aufgabe stellen, mich über die Beschaffenheit des darin enthaltenen Wassers zu orientiren.

Es wird bekanntlich von einem Wasser, welches genossen wird, oder mit dem menschlichen Körper in nächste Berührung kommt, in erster Linie und unter allen Umständen verlangt, dass es keine krankmachenden Eigenschaften besitzt, also keine Intoxicationen und Infectionen bewirkt. Um uns darüber ein Urtheil zu verschaffen, müssen wir uns heutzutage der chemischen und mikroscopisch-bacteriologischen Methode bedienen. Im ersten Falle, wo wir über die Giftigkeit eines Wassers, im Sinne der Intoxication, ein Urtheil zu gewinnen suchen, ist selbstredend nur die chemische Analyse competent, wo wir aber unser Gutachten über den Grad der Infectiosität eines Wassers, was das häufigste und wesentlichste Moment ist, abgeben sollen, haben wir, allem Anscheine nach, nur in der mikroscopisch-bacteriologischen Untersuchungsmethode den Schwerpunkt zu suchen und dabei die chemische Analyse ganz ausser Acht zu lassen. Dennoch sind die Ansichten der Hygieniker über den Werth der beiden Methoden sehr getheilt; während die eine Rich

ıg (Poehl[1]), Bokorny[2]) der Begutachtung eines Wassers
f Grund der chemischen Analyse den Vorzug giebt und
r bacteriologischen Wasserprüfung nur eine secundäre
ɔlle einräumt, nimmt eine zweite Richtung einen entgegen-
setzten Standpunkt ein (Frank[3]), Meade Bolton[4]),
irchner[5])). Für diese ist nur die bacteriologische sou-
rän, indem sie allein die Möglichkeit gewährt, das Wasser
:ect auf die Krankheitserreger zu prüfen. Endlich hält eine
itte Richtung beide Untersuchungen gleichwerthig und
igt der Ansicht zu, dass zur Zeit die eine Methode die
dere überhaupt nicht, oder nur in Ausnahmsfällen ersetzt.
-aertner[6]), Jolles[7]), Roth[8]) Heraeus[9]), C. Schlatter[10])
a. m.)

Nach Kirchner hat „die bacteriologische Untersuchung
s Wassers die chemische fast ganz in den Hintergrund
drängt.“ So ideal aber das Streben auch ist die Infections-
fahr direct im Wasser zu erweisen, so selten wird es von
folg gekrönt sein; in den allermeisten Fällen muss man
:h nach Gaertner eine Infection als möglich hingestellt

1) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde 1888, pag. 162.
2) Citat bei C. Schlatter. Zeitschrift für Hygiene, Bd. IX.
3) Die Veränderungen des Spreewassers. Zeitschrift für Hygiene,
. III, pag. 400.
4) Ueber das Verhalten verschiedener Bacterien im Trinkwasser.
tschrift für Hygiene, Bd. I, 1886.
5) Die Bedeutung der Bacteriologie für die öffentliche Gesund-
tspflege, pag. 26.
6) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege,
. XX, pag. 210.
7) Ueber den gegenwärtigen Stand der hygienischen Wasserbe-
:achtung 1892.
8) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege.
. XXI, pag. 323, 1889.
9) Ueber das Verhalten der Bacterien im Brunnen, so wie über
.ucirende u. oxydirende Eigenschaften der Bacterien. Zeitschrift f.
g. Bd. I.
10) Zeitschrift für Hygiene, Bd. IX.

zu haben zufrieden geben. Gaertner spricht nämlich diese Meinung aus und motivirt dieselbe dadurch, dass die bacteriologische Methode bei practischer Anwendung durch eine Reihe von Umständen eine wesentliche Einschränkung erfährt, und zwar dadurch, dass die Methoden der Forschung noch nicht bis zur vollen Leistungsfähigkeit durchgebildet sind, dass die Krankheitskeime in einer sehr grossen Wassermenge, von welcher wir immerhin nur einen kleinen Theil untersuchen, ungleich vertheilt sein können, somit übersehen werden können, dass wir oft die Untersuchung erst dann einleiten, wenn die Krankheitskeime bereits aus dem Wasser verschwunden sind und endlich, weil wir eine grosse Anzahl von Krankheitserregern zur Zeit noch nicht kennen. Diese erwähnten Motive, so wie die Möglichkeit der Infection des Wassers durch menschliche Abfallstoffe, wird von keinem der Forscher bestritten; der Nachweis aber dieser Stoffe gehört der chemischen Analyse an. Ich persönlich schliesse mich in meinen Ansichten, die ich bei dieser Gelegenheit gewinnen konnte, vollständig Dr Jolles an und es sei mir gestattet an dieser Stelle mit seinen Worten meine Meinung auszusprechen: „der Hygiene fällt in erster Linie die Aufgabe zu, die Entstehung von Krankheiten zu verhüten, demnach genügt es keineswegs nur ein solches Wasser zurückzuweisen, welches nachweislich der Gesundheit schädliche Stoffe enthält, sondern es ist unbedingt auch ein solches Wasser vom Gebrauche auszuschliessen, welches möglicherweise derartige Stoffe enthält[1]).“ Von diesem Standpunkte ausgehend muss ich mich zu Gunsten beider Methoden aussprechen; beide sind bei der Begutachtung des Wassers wichtig, denn, wo uns die bacteriologische Methode im Stiche lässt, können wir noch uns seh

1) l. c. pag. 13.

t auf chemischem Wege ein gewisses Urtheil über die eschaffenheit des Wassers schaffen.

Plagge und Proskauer[1]) kamen bei der von ihnen orgenommenen chemischen und bacteriologischen Unterıchung des Berliner Leitungswassers zu dem Schlusse, ıss für die Beurtheilung eines Wasserreinigungsprocesses, ıd speciell in ihrem Falle, wo es sich um einen Filtrations-'ocess handelte, nur die bacteriologische Methode geübt erden soll, indem sie mit der chemischen Untersuchung eine beachtungswerthe Resultate erreichten. Sie beweisen ırch ihre Arbeit, dass wir uns nach den Umständen richten üssen und je nach den Ergebnissen bald die eine, bald die ıdere Methode als beweiskräftig ansehen dürfen und „dass ›eciell für die Beurtheilung eines Wasserreinigungsverfahns wir in der bacteriologischen Untersuchungsmethode ı zuverlässiges Kriterium und einen richtigen Maasstab sitzen.“ Demnach war auch in meinem Falle die bacte›logische Untersuchungsmethode einzig und allein maass›bend, und für den Effect der von mir aufgestellten Verche entscheidend; ich wählte letztere, und da es bei einen Versuchen hauptsächlich auf die Anzahl der Bacteen ankam, so beschränkte ich mich nur auf die quantitative nalyse, während ich auf die Beschreibung der vorkomenden Arten nicht näher einging.

Auf die Artenbestimmung bei der Wasserbegutachtung rd in den letzten Jahren, seitdem von Wolffhügel[2]) d Bolton[3]) bewiesen worden ist, dass die Anzahl der schuldigsten Bacterien sich in jedem Wasser, selbst in stillirtem, bis ins Unglaubliche vermehren kann, immer

1) Zeitschritt für Hygiene, Bd. II, 1887.
2) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. Bd. I, 1886, g. 455.
3) l. c. pag. 76.

mehr Aufmerksamkeit gelenkt. Migula[1]) bemerkt hierzu, dass die Anzahl der aus einem Wasser gezüchteten Bacterien durchaus nicht hinreicht, um seinen Werth in hygienischer Beziehung zu beurtheilen, „dass sie vielmehr geradezu irre leiten kann." Auch Hueppe[2]) und Bolton[3]) neigen der Meinung zu, dass man eher auf die in einem Wasser gefundenen Bacterienarten, als auf die Bestimmung der gesammten Bacterienzahl bei der hygienischen Wasserbegutachtung achten soll. Diese Forderungen gelten wohl im allgemeinen, man hat jedoch im speciellen Falle, meiner Meinung nach, wohl einen sicheren Anhaltspunkt schon in der Bestimmung der Bacterienzahl gewonnen.

Für die Verarbeitung des Wassers zu bacteriologischen Zwecken sind bisher drei Methoden in Anwendung gebracht und empfohlen worden: die Koch'sche Gelatineplattenmethode, die Reagensglasmethode von Angus Smith und die von Miquel eingeführte und namentlich von Fol und Dunant benutzte Verdünnungsmethode. Alle diese Methoden sind von Meade Bolton[4]), Fränkel[5]), Malapert-Neufville[6]), Hueppe[7]), Plagge und Proskauer[8]) und anderen Autoren ausführlich beschrieben, und, da die genannten Forscher sowohl auf die Licht- wie auf die Schattenseiten schon hingewiesen haben, so kann ich mich mit der Aufzählung derselben begnügen und will nur das Esmarch'sche Verfahren, welches eigentlich eine Modification der

1) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde. Bd. VIII, pag. 354.

2) Die Methoden der Bacterien-Forschung 1891, pag. 462.

3) l. c. pag. 114.

4) l. c. pag. 76.

5) Grundriss der Bacterienkunde. II. Auflage.

6) Citat bei Haudring, pag. 8. Untersuchung der einigen Gebrauchswässer Dorpats. Dissert. Dorpat 1888.

7) l. c. pag. 326.

8) l. c. pag. 421.

klassischen Koch'schen Methode ist, einer genaueren Besprechung unterziehen.

Esmarch giebt selbst zu, dass die Vorzüge des Koch'schen Plattenverfahrens allgemein bekannt sind und dass die Schnelligkeit und Sicherheit zur Erreichung des Zieles von keinem anderen Verfahren übertroffen wird, die Motive aber, welche ihn zur gewissen Abänderung der Koch'schen Methode führen, waren laut seinen Worten folgende: „ich möchte deshalb eine Methode empfehlen, die eigentlich nur eine Modification des obigen Verfahrens darstellt, aber wegen Einfachheit in der Technik und des dazu nöthigen Apparates, wegen ihrer Zeit- und Raumersparniss, sowie mit Rücksicht auf einige andere Vorzüge zweckmässig erscheinen dürfte [1]).

Der Gang der Untersuchung auf diesem Wege ist sehr einfach. Die Reagirgläser werden im lauwarmen Wasser, etwa bei einer Temperatur, die der Körperwärme entspricht, vorsichtig erwärmt, bis die Gelatine eben flüssig geworden ist; sodann wird nach Lüftung des Wattepfropfens die mit sterilisirter Pipette entnommene Wasserprobe in das Röhrchen hineingebracht und die Oeffnung sogleich wieder mit dem Wattepfropf verschlossen. Durch Hin- und Herbewegung oder leichtes Schütteln werden die übergeimpften Keime vertheilt und eine festschliessende Gummikappe über den Wattepfropf gezogen. Um darauf die inficirte Nährgelatine an der Innenwand des Reagensglases gleichmässig zu vertheilen, sie zum Erstarren zu bringen und somit eine „aufgerollte Gelatineplatte" herzustellen, empfiehlt Esmarch, das Gläschen wagerecht auf einer Schaale Eiswasser schwimmen zu lassen und dasselbe durch leichte Bewegung mit der Hand in Rotation zu versetzen, oder dasselbe unter dem

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, pag. 293.

Wasserstrahle einer Wasserleitung oder Pumpe zu drehen. Sobald die Gelatine erstarrt ist, was bereits in 15—20 Secunden zu Stande kommt, entfernt man das Gummikäppchen, wischt das Wasser von den Wandungen des Gläschens ab und lässt das Rollröhrchen ruhig stehen bis die Colonien ausgewachsen sind. Das Zählen der gewachsenen Colonien gelingt auch sehr bequem: sind in dem Röhrchen überhaupt nur wenige Keime gewachsen, so zählt man mit Hülfe der Loupe die ganze Rollplatte durch, was sehr leicht geschieht, wenn man die Oberfläche des Röhrchens mit einem Glasbleistift in Längs- und Querfelder eintheilt und darauf auszählt. Hat sich eine grössere Zahl von Keimen entwickelt, so verfährt man folgendermaassen: man zählt eine beliebige Zahl von Quadratcentimeter ab, berechnet daraus das Mittel für 1□ Ctm. und multiplicirt das letztere mit der ausgemessenen Oberfläche des Cylinders auf dessen Innenfläche die Gelatine erstarrt war. Die Oberfläche des Nährbodens erhält man, indem man die Länge der erstarrten Gelatineschicht mit dem Umfange des Gläschens multiplicirt. Um in solchen Fällen zählen zu können, proponirt Esmarch den von ihm construirten Apparat[1]) zu gebrauchen. Wenn man aber einfacher vorgehen will, erreicht man den Zweck auf folgende Weise: „aus einem beliebigen Stück Papier schneidet man ein Quadrat von 1, $^1/_2$ oder $^1/_4$ Cm. Seitenfläche heraus, fixirt es sodann mit der linken Hand auf einer beliebigen Stelle des Reagensglases und zählt nun unter der Loupe die Anzahl der im ausgeschnittenen Quadrate sichtbaren Keime. Man wiederholt darauf das Manöver noch an beliebigen anderen Stellen des Glases, wodurch man zugleich ein Urtheil über die gleichmässige Aussat erhält, berechnet aus der Zahl der gezählten Quadrate das Mittel und multiplicirt das letztere mit den schon vorher ausgemessenen Reagensglasober-

1) Beschreibung Cnf. Zeitschrift für Hygiene. Bd. I, pag. 300.

läche, welche Zahl sodann die Summe sämmtlicher im Glase befindlichen Keime ergeben wird." — Bei der Verarbeitung der Wasserproben verfuhr ich genau so, wie es von Esmarch vorgeschlagen worden ist, um aber die inficirte Gelatine zum Erstarren zu bringen stand mir zur Verfügung ein Drehapparat, der vom Prof. B. Körber construirt worden ist. Ebenso leicht ging es mir mit dem Zählen, denn auch für diesen Zweck hat Prof. Körber einen sehr bequemen Zählapparat construirt. Ich versuchte mehrere mal die Rollröhrchen ohne Drehapparat zu bereiten, jedoch ist es mir niemals gelungen die Gelatine in ebenso gleichmässiger Schicht zum Erstarren zu bringen, demnach möchte ich behaupten, dass zur Anfertigung der Rollröhrchen ein Rotationsapparat unbedingt nothwendig ist und nur im Nothfalle könnte man eines solchen entbehren. Esmarch hat seinen Zweck erreicht: die Vorzüge dieser Methode haben sich bewährtet und sind schon von mehreren Autoren hervorgehoben worden. Hueppe spricht sich über diese Methode folgendermaassen aus: „da in den Röhrchen kein Verlust an Gelatine eintritt und die Luftinfection auf ein Minimum beschränkt ist, so sind diese Plattenröhrchen oder Rollröhrchen nicht nur unbedingt die bequemste Modification der Plattenmethode, sondern sie sind so expeditiv, dass andere Methoden des Improvisirens ganz überflüssig erscheinen"[1]). Fränkel[2]) macht noch auf einige andere Vorzüge dieser Methode aufmerksam, unter anderem betont er den Umstand, dass die Rollröhrchen lange aufbewahrt werden können, was für den Nachweis der langsam wachsenden Bacterien von grosser Wichtigkeit ist; er sagt demnach, dass diese Methode, für die bacteriologische Bodenunter-

1) l. c. pag. 350.

2) Ueber die Microorganismen in verschiedenen Bodenschichten. Zeitschrift für Hygiene. Bd. II, pag. 532. 1887.

suchung die erste Stelle einnehmen soll. Auch einige Mangel des Esmarch'schen Verfahrens sind nicht ohne Erwähnung geblieben, jedoch wenn man alle Vorzüge dieser Methode im Auge behält, erscheinen die Nachtheile so gering, dass es kaum der Mühe werth ist dieselben zu erwähnen.

Zur Entnahme der Wasserproben bediente ich mich eines Apparates, dessen Princip darin besteht, dass man sich die Wasserproben aus verschiedener Tiefe bequem verschaffen kann, indem man den Apparat mit dazu geeigneten Fläschchen versieht, vermittelst eines Fadens in die gewünschte Tiefe herablässt und nachdem das Fläschchen mit Wasser gefüllt ist, ihn wieder heraufzieht. Die nähere Auskunft über die Construction eines solchen Apparates und das Handhaben desselben ist von Kirchner[1]) dargelegt worden. In der letzten Zeit hat noch Kotzin[2]), mit dem ich gleichzeitig im hygienischen Institut gearbeitet habe, einiges an dem Apparat modificirt und ihn ausführlich in seiner Arbeit beschrieben. Ich verweise demnach auf die letztcitirte Dissertation.

Die Wasserproben entnahm ich täglich um 8 Uhr Morgens meist selbst, bisweilen überliess ich das Schöpfen einer Person, die während der ganzen Zeit meiner Untersuchungen geschickt mir zur Hülfe stand und sich vollständig in der Sache eingeübt hatte. Nach der Entnahme der Wasserproben wurden dieselben in eine mit Eis gefüllte Blechbüchse hineingepackt und in's Institut transportirt, wo ich gewöhnlich die Verarbeitung derselben sogleich vornahm und dabei noch vor jeder Untersuchung die Proben durchgeschüttelt habe. Dem entsprechend betrug die Dauer

1) Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. XI, Nr. 20, pag. 647.

2) Bacteriologische Untersuchung des Dorpater Universitätsleitungswassers in den Sommermonaten. Dissert. Dorpat 1892.

zwischen der Probeentnahme und Anlegung der Culturen nicht mehr als 30 Minuten. Wenn aber einstweilen die sofortige Verarbeitung der Proben nicht geschehen konnte, so stellte ich die Fläschchen mit Wasser in den Eisschrank, wo die Temperatur in den heissen Sommermonaten zwischen 8°—11° C. schwankte. Alle diese Vorsichtsmaassregeln wurden aus dem Grunde vorgenommen, weil wie Wolffhügel[1]), Bolton[2]) und Heraeus[3]) gezeigt haben, beim Stehen, namentlich in den Sommermonaten, eine sehr rapide Vermehrung der Keime im Wasser erfolgt, was eventuell zu ganz falschen Resultaten in Bezug auf die Anzahl der Keime führen kann. Sie stellten demnach den Satz auf, dass „als eins der wesentlichsten Momente für bacteriologische Untersuchung von Wasser muss es angesehen werden, dieselbe unverzüglich nach der Entnahme vorzunehmen."

Die Art und Weise, wie ich die Culturen anfertigte, habe ich schon früher genau beschrieben, demnach bleibt mir nur noch zu erwähnen übrig, welches Wasserquantum ich zur Impfung gebraucht habe. Als ich an die Arbeit herantrat, war ich in sofern in einer besseren Situation, als ich über den Keimgehalt des zu untersuchenden Wassers einigermaassen orientirt war. Mein Vorgänger Keck untersuchte den Brunnen IV B. und aus den von ihm aufgestellten Tabellen erweist es sich, dass sich das Wasser in dem betreffenden Brunnen durch sehr reichlichen Keimgehalt auszeichnet. Unter solchen Umständen wird man bei Anlegung der Culturen so vorgehen müssen, dass man die entnommene Probe mit einer bestimmten Menge keimfreien destillirten Wassers vermischt und von dieser Verdünnung einen Bruchtheil zur Cultur verwendet. Während Keck

1) l. c. pag. 461.
2) l. c. pag. 92.
3) l. c. pag. 202.

mit einer Verdünnung 1 : 100 arbeitete, fing ich mit stärkeren Concentrationen meine Rollröhrchen zu impfen an. Ich versuchte anfangs mit einer Verdünnung 1 : 10 zu arbeiten, doch war die Zahl der Colonien so gross, dass vom Zählen derselben keine Rede sein konnte. Ich bereitete demnach aus den folgenden Wasserproben eine Verdünnung 1 : 20, indem ich 9 Ccm. sterilisirtes destillirtes Wasser mit 1 Ccm. der Wasserprobe mischte und davon 0,5 Ccm. zur Einsaat verwandte. Die letztgenannte Verdünnung erwies sich als gut gewählt. Die so angefertigten Rollröhrchen habe ich 2 × 24 Stunden bei Zimmertemperatur aufbewahrt und danach gezählt, nur wenn es sehr heiss war, hielt ich die Rollplatten die ganze Zeit, oder je nach dem Wetter, nur 1 × 24 Stunden im Eisschranken. Um die Zahlen controlliren zu können, fertigte ich anfangs je 3 Rollröhrchen aus jeder Probe an, später aber nur zwei und ich erhielt gut übereinstimmende Resultate. Dass alle von mir gebrauchten Pipetten und Gläser jedes Mal in einem Trockenschrank durch Erhitzen auf 160° C. keimfrei gemacht worden sind, ist selbstverständlich. Den Apparat und die zur Wasserentnahme bestimmten Fläschchen sterilisirte ich auch vor jedem Gebrauch; die dazu nöthigen Schnüre nur jeden zweiten bis dritten Tag in einem Dampftopf.

Die Ergebnisse der Untersuchung, welche ich anfangs bei den zugedeckten Brunnen vornahm, sind in den nachstehenden Tabellen von mir angegeben. Ausser der Zahl der Colonien verzeichne ich in diesen Tabellen noch den Wasserstand, welchen ich täglich, bei jeder Probeentnahme gemessen habe. Die in meinen Tabellen angegebenen Daten der Niederschlagsmenge verdanke ich dem meteorologischen Institut zu Dorpat. Die Temperatur des Wassers ist in den beigelegten Tabellen nicht angegeben, weil während meiner Untersuchungen keine nennenswerthe Temperaturschwan-

kungen stattgefunden haben. Es wurde nämlich jeden Sonntag gleich neben allen 3 Brunnen die Messung der Bodentemperatur in der Tiefe von 1, 2 und 3 Meter vom Herrn Prof. Körber ausgeführt, wobei jedes mal fast dieselben Zahlen gefunden wurden: bei der Tiefe 1 Meters 9,0—9,5° C., bei 2 Meter 7,5—8° C. und bei der Tiefe von 3 Meter 7,0—7,5° C. Daraus konnte man schon schliessen, wie es sich mit der Temperatur des Wassers in den Brunnen verhält, dass dieselbe nicht mehr als 9,5° C. betrage. Die Messungen der Wassertemperatur, welche ich mehrere mal vorgenommen habe, bestätigten die vorausgesetzte Annahme: die Temperatur schwankte zwischen 9,0—9,5° C.

Brunnen IV A.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.				Niederschläge mm.
			Rollröhrchen.			Durchschnittszahl.	
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		I.	II.	III.		
20./VII.	8 U. M.	71	61.327	62.062	55.552	59.647	26,4
23./VII.	„	74	2.550	2.268	2.772	2.530	—
26./VII.	„	76	3.750	3.570	2.320	3.213	0,9
27./VII.	„	76	7.650	6.094	6.375	6.706	5,0
28./VII.	„	76	91.715	88.600	84.320	88.212	0,3
29./VII.	„	78	29.600	29.750	26.400	28.583	31,1
30./VII.	„	76	31.050	28.944	28.032	29.342	5,4
31./VII.	„	71	24.192	19.875	22.600	22.222	2,5
1./VIII.	„	77	21.696	24.120	22.272	22.676	0,9
2./VIII.	„	67	23.600	—	—	23.600	5,9
3./VIII.	„	67	31.500	27.085	29.172	29.252	2,7
4./VIII.	„	66	5.600	4.388	6.720	5.569	6,2
5./VIII.	„	65	4.888	5.625	5.000	5.171	4,5

Brunnen IV B.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.				Niederschläge mm.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen			Durchschnittszahl.	
			I.	II.	III.		
21./VII.	8 U. M.	81	69.275	78.400	—	73.838	1,1
25./VII.	„	86	4.600	4.500	3.380	4.160	4,9
26./VII.	„	86	6.825	4.320	2.125	4.423	0,9
27./VII.	„	85	4.250	4.640	2.813	3.901	5,0
28./VII.	„	85	7.778	8.925	8.500	8.401	0,3
29./VII.	„	85	14.400	11.000	11.200	12.200	31,1
30./VII.	„	69	3.149	2.918	3.168	3.075	5,4
31./VII.	„	50	2.112	1.600	1.560	1.757	2,5
1./VIII.	„	50	Verdorben			—	0,9
2./VIII.	„	59	2.244	—	—	2.244	5,9
3./VIII.	„	59	7.200	9.375	8.280	8.285	2,7
4./VIII.	„	62	2.625	2.880	2.925	2.810	6,2
5./VIII.	„	60	9.000	8.320	8.600	8.640	4,5
6./VIII.	„	63	3.072	2.688	—	2.880	4,6
7./VIII.	„	60	—	—	—	—	0,2
8./VIII.	„	63	1.728	—	—	1.728	—
9./VIII.	„	66	nicht gewachsen		—	—	—
10./VIII.	„	72	nicht gewachsen		—	—	—
11./VIII.	„	77	42.024	47.150	—	44.587	—
12./VIII.	„	80	2.550	3.072	—	2.811	—
13./VIII.	„	84	2.320	3.116	—	2.718	—
14./VIII.	„	85	15.938	15.300	—	15.619	—
15./VIII.	„	87	19.688	20.680	—	20.184	—
16./VIII.	„	90	10.360	9.000	—	9.680	0,5
17./VIII.	„	92	80.156	82.700	—	81.428	3,5
18./VIII.	„	94	98.388	96.840	—	97.614	—
19./VIII.	„	96	93.750	83.040	—	88.395	4,0

Brunnen IV C.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.				Niederschläge mm.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen.			Durchschnittszahl.	
			I.	II.	III.		
2./VII.	8 U. M.	80	27.000	23.400	—	25.200	0,3
4./VII.	„	86	11.825	20.800	16.185	16.270	0,6
5./VII.	„	89	5.156	4.948	3.000	4.368	4,9
6./VII.	„	89	11.000	6.320	5.775	7.365	0,9
7./VII.	„	87	7.181	7.500	8.320	7.667	5,0
8./VII.	„	85	5.843	4.600	5.395	5.280	0,3
9./VII.	„	88	708	832	1.332	957	31,1
30./VII.	„	47	5.904	6.937	6.205	6.349	5,4
31./VII.	„	46	3 600	3.400	3.510	3.503	2,5
1./VIII.	„	51	3.600	3.600	3.750	3.650	0,9
2./VIII.	„	62	2.600	—	—	2.600	5,9
3./VIII.	„	63	2.000	2.400	2.820	2.407	2,7
4./VIII.	„	67	14.875	16.375	20.160	17.137	6,2
5./VIII.	„	59	6.562	5.156	5.200	5.639	4,5

Bei der näheren Betrachtung der beigelegten Tabellen sehen wir, dass der Keimgehalt in allen drei Brunnen recht hoch ist, und dass die Bacterienzahlen bei der fortlaufenden Beobachtung keine regelmässige Beständigkeit aufweisen, sondern vielmehr ergiebigen Schwankungen unterworfen sind. Versuchen wir jetzt die erhaltenen Resultate einigermaassen zu erklären, so müssen wir vor allem die Frage über die Wege, welche für das Eindringen der Microorganismen in den Brunnen offen stehen und über die Bedingungen, die für ihr günstiges Gedeihen und für eine rasche Vermehrung derselben erforderlich sind, zu lösen suchen. In Bezug auf die erste Frage, sind wir schon durch die Art der Construction

und den Bau der Brunnen angewiesen zu sagen, dass die in den Brunnenwässern gefundenen Bacterien entweder aus dem Grundwasser, resp. dem Boden in der Umgebung desselben, oder aus den oberen Erdschichten stammen, oder aber, dass sie von einigen wenigen zufällig in den Brunnen gerathenen Keimen herrühren können und sich dort vermehrt haben.

Was das biologische Verhalten der Bacterien im Wasser anbelangt, so haben wir aus eingehenden Beobachtungen und Studien einer grösseren Anzahl von Forschern auf diesem Gebiete einige Anhaltspunkte auch für diese Frage gewonnen. Aus der Litteratur entnehmen wir nämlich, dass die Vermehrung der Bacterien in Brunnenwässern abhängig ist von der Temperatur des Wassers, von dem Umstand, ob öfters sämmtliches Wasser aus dem Brunnen ausgeschöpft wird oder immer ein grosser Theil in demselben verbleibt, endlich von der Beschaffenheit des Wassers. Bezüglich des Einflusses der Temperatur auf den Bacteriengehalt des Wassers bemerkten Wolffhügel und Riedel[1]), welche zu diesem Zwecke mehrere Versuche anstellten, dass die Entwickelung und Fortpflanzung der Wasserbacterien bei einer Wärme von 12°—15° und auch darunter zu Stande kommt. Mead Bolton[2]) constatirte, dass bei 0° nur eine Abnahme der Bacterienzahl zu bemerken ist, und dass bereits schon bei relativ niederer Temperatur — von + 6° C. eine Vermehrung deutlich ausgesprochen ist. Hueppe[3]) nimmt als untere Grenze, bis zu welcher eine Vermehrung der Keime noch vor sich gehen kann + 5° C. und stellt den Satz auf: „das Temperaturoptimum der meisten, wenn nicht aller Wasser

1) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. I, 1886, pag. 45
2) l. c. pag. 76.
3) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege Bd. XXI, pag. 342.

acterien, liegt bei Temperaturen, welche bei heisser Jahreszeit in offenem Wasser immer vorkommen, und von diesem ptimum bis zu der unteren Grenze der Vermehrungsfähigkeit ist ein so weiter Spielraum, dass auch in Quellen und iefbrunnen lange Zeit während des Jahres Vermehrung öglich ist."

Für die Thatsache, dass die Anzahl der im Wasser nthaltenen Bacterien davon abhängt, wie lange das Wasser n dem Brunnen steht, ist von mehreren Forschern, welche ich mit der Frage beschäftigt haben, der Nachweis geliefert orden. Cramer[1]) war der erste, der mit Bestimmtheit ie Worte aussprach, dass in der That gewissen Bacterien ie Fähigkeit zukomme, sich im Wasser zu vermehren, indem er sich überzeugte, wie die Zahl der Bacterien im stehenen Limmatwasser sich in 24 Stunden von 10.000 auf 500.000 tieg. Leone[2]) kam bei der Unterschung des Münchener Leiungswassers ebenfalls zu demselben Schlusse. Roth[3]), der ie Brunnen der Stadt Belgrad chemisch und bacteriologisch ntersuchte, theilt uns ebenfalls mit, dass es durch anhaltenes Abpumpen gelingt, auch das Wasser sehr schlechter Brunnen fast keimfrei zu machen, während umgekehrt, auch in sehr guter Brunnen, wenn er wenig oder gar nicht enutzt wird, bald ein stark bacterienhaltiges Wasser liefert. Dieselbe Ansicht, dass durch Stagniren des Wassers im Brunnenschachte durch stete Berührung desselben mit den Wänden eine rapide Vermehrung der Keime stattfindet, vereten ebenfalls Heraeus, Bolton, Fränkel[4]) u. a. m.

---

1) Citat bei Kubel—Tiemann.

2) Citat bei Bolton.

3) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege. Bd. XXI, 1889.

4) Untersuchung über Brunnendesrinfection und den Keimgehalt des Grundwassers. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VI.

Bei allen Versuchen jedoch, die behufs der Lösung de Frage über die Vermehrung der Keime in stehenden Wässer vorgenommen worden sind, ist auch der Umstand bemerk worden, dass eine Zunahme der Keime bis zu einem gewisse Grade vor sich geht, wonach eine Abnahme der Keimzah folgt. Um den Vorgang erklären zu können, müssen wi natürlich vor allem an das Absterben der Keime denken Jedenfalls steht es fest, dass diese kleinsten Lebewesen, se es im Kampfe ums Dasein, sei es in Folge ihrer Stoffwechel producte, sei es durch Mangel an Nährstoffen, oder in Folg anderer für uns heutzutage noch unbekannter Momente ih Ende erreichen. Wolffhügel und Riedel[1]) machen un noch auf den Umstand bei der Verringerung der Keime auf merksam, dass die Bacterien, entsprechend der Art ihre Wachsthums, zu regelmässigen Gruppen aneinander gereih oder zu Haufen und Klümpchen vereinigt sein können, sic nicht immer trennen, sondern bald einzeln, bald zu zwei ode mehreren sich an der Bildung einer Vegetationscolonie be theiligen.

Es bleibt uns noch ein Moment, welches ebenfalls vo einem grossen Theil der Autoren bei der Erklärung der Ab nahme der Keimzahl in Wässern in Betracht gezogen wird zu erwähnen. Fol und Dunant[2]) waren die ersten, welch die Behauptung aufstellten, dass die Keime in einem ruhi stehenden Wasser zu Boden sinken können; sie erklärte damit die relativ geringe Anzahl von Keimen, die sie i dem Wasser des Genfersees gefunden haben. Meade Bol ton[3]) liess Wasser in Gefässen stehen und konnte ebenfall recht beträchtliche Unterschiede in dem Keimgehalt obe und am Boden des Gefässes darthun. Desgleichen ka

1) l. c. pag. 456.
2) Citat bei Wolffhügel.
3) l. c. pag. 92.

rank[1]) bei der Untersuchung des Spreewassers zu der eberzeugung, dass bei ruhig fliessenden Gewässern eine edimentirung der Bacterien stattfindet. Besonders beweiend für den Sedimentirungsprocess kann, meiner Meinung ach, der Versuch von Rubner[2]) zu Marburg angesehen erden. Zu den Beobachtungen diente ihm ein Brunnen, elcher nur zu Untersuchungszwecken in einem Kellerraum rtiggestellt worden war. In dem Brunnen wurden mehrere erile Reagenzröhrchen, die einen mit der Oeffnung nach ben, die anderen mit der Oeffnung nach unten gerichtet, ersenkt. Nachdem die Gläser einige Zeit in dieser Stellung erblieben waren, wurden sie herausgenommen, wobei aber ie Röhrchen mit der Oeffnung nach unten, bevor man sie eraushob, durch eine einfache Vorrichtung umgekippt wurn. Die sofort angelegten Culturen zeigten, dass „in allen ällen die nach oben mit ihrer Oeffnung gerichteten Glasöhrchen weit mehr Bacterien enthielten, als die anderen.“ m durch diese Versuche stärkere Ausschläge zu erzielen, igte er dem Brunnenwasser behufs Vermehrung der Bacrien noch geringe Mengen von Fleischextract hinzu. Als nen weiteren Beweis für die Sedimentirung bestimmte Ruber das specifische Gewicht der Bacterien und kam ebenlls zu der Ueberzeugung, dass „das specifische Gewicht er Bacterien zur Genüge ihr Absetzen in Flüssigkeiten erläre, welche wie das Trinkwasser einen geringen Gehalt n organischen und anorganischen Stoffen aufweisen.“ — egen die Sedimentirungsfrage spricht sich Heraeus[3]) aus. ubel-Tiemann geben zu, dass aus der Gesammtzahl der ersuche das Sedimentiren der Bacterien nicht geleugnet

1) Zeitschrift für Hygiene, Bd. III.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XI. Beitrag zur Lehre von den Wasrbacterien.

3) Zeitschrift für Hygiene, Bd. I.

werden könne, jedoch wollen sie es nur für bewegungslose und abgeschwächte Microben gelten lassen, während lebenskräftige, bewegliche Organismen, ihrer Ansicht nach, keinesfalls dem Gesetze der Schwere zu unterliegen brauchen.

Demnach erklären uns genügend die zuletzt erwähnten Momente — nämlich das Absterben, die Aneinanderlagerung und das Niedersinken der Bacterien, die schwankenden Keimzahlen in den Gewässern. Auch in den von mir aufgestellten Tabellen, sieht man, obwohl nicht besonders scharf das Ansteigen des Bacteriengehaltes und darauf eine allmähliche Abnahme der Keimzahlen. Wenn aber im gegebenen Falle augenscheinlich sehr grosse Differenzen vorhanden sind, so glaube ich sie dadurch erklären zu müssen, dass auch die Grundwasserschwankungen recht erheblich und gerade bei den Brunnen IV B und IV C am meisten ausgesprochen sind. Es ist aus den Tabellen ersichtlich, dass bei den letztgenannten beiden Brunnen der Wasserstand zwischen 46, 50 und 88 Cm. schwankt, während sich die Schwankung bei dem Brunnen IV A zwischen 66—78 Cm hält. Dem entsprechend sind auch die Keimzahlen in den Brunnen IV A viel geringeren Schwankungen unterworfen. Endlich bleibt es mir noch übrig auf die Frage einzugehen, welche Bedeutung der chemischen Beschaffenheit des Wassers auf die Vermehrung der Keime zukommt. Es ist schon mehrmals experimentell nachgewiesen worden, dass ein chemisch schlechtes Wasser sehr arm an Bacterien sein kann, und umgekehrt kann unter Umständen ein chemisch gutes Wasser einen relativ grossen Gehalt an Bacterien zeigen. Heraeus[1]) untersuchte chemisch und bacteriologisch eine grosse Zahl von Brunnen in der Stadt Hanau und fand, dass eine Uebereinstimmung zwischen den Resul

1) Ueber das Verhalten der Bacterien u. Brunnenwasser u. s. w. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I.

ten der chemischen Untersuchung und denen der bacteologischen, absolut nicht stattfindet. Roth[1]), der in Belgrad seine Untersuchungen anstellte, kam zu demselben Schlusse. Eine ganze Reihe von Versuchen in Betreff dieser Frage sind von Bolton[2]) angestellt worden. Bolton cultivirte nämlich einige von den am häufigsten im Wasser vorkommenden Arten und setzte von den erhaltenen Reinculturen Spuren zu sterilisirtem destillirtem Wasser hinzu. Dabei konnte er in allen von ihm angestellten Versuchen eine starke Vermehrung der Versuchspilze constatiren. Die Anspruchslosigkeit der Bacterien an Nährstoffen zeigte Bolton noch schärfer dadurch, dass er ein destillirtes Wasser, nachdem es den Bacterien zu einer maximalen Vermehrung gedient hatte, sterilisirte und von neuem mit einer kleinen Menge Bacterien impfte. Sobald wiederum eine Vermehrung eintrat, wiederholte er dasselbe und bei einer sechs mal in solcher Weise wiederholten Einsat, konnte er immer noch eine kolossale Vermehrung der Keime nachweisen. Durch diese Versuche beweist uns Bolton, dass es solche Arten von Wasserbacterien giebt, die in ihren Nährstoffbedürfnissen sehr bescheiden sind, indem sie sogar in „scheinbar nährstofffreien Flüssigkeiten“ sich enorm vermehren können. Damit ist es keineswegs gesagt, dass das Gedeihen der Microorganismen in einem nährstofffreien Medium vor sich gehen kann, denn auch Bolton bemerkt, dass „so viel organische und anorganische Substanz, die zur Deckung der Masse der in Wasser entwickelten Pilze erforderlich ist, sehr wohl auch im reinsten sterilisirten Wasser enthalten sein kann; sie kann durch Staubfaserchen, durch Kohlenwasserstoffe, die an den Wandungen haften u. s. w.

1) l. c. pag. 310.
2) l. c. pag. 76.

hineingebracht werden[1])." Kann man also nicht hoffen einen engen zahlenmässigen Zusammenhang zwischen organischer Substanz und Keimzahl zu erhalten, so ist es jedoch von allen Forschern angenommen, dass für die Vermehrung der Keime als ein der wesentlichen Momente, der Gehalt des Wassers an Pilznahrungsstoffen betrachtet werden muss. Welchen Effect die Zugabe eines guten Spaltpilznahrungsstoffes auf Brunnenwasser ausübt, weist uns Rubner[2]) nach. Er fügte seinen Versuchsbrunnen kleine Quantitäten von sterilem Fleischextract hinzu und konnte dabei constatiren, dass „eine geringe Vermehrung der organischen Substanz im Brunnenwasser eine sehr beträchtliche, vorübergehende und eine längere Zeit währende, wesentliche Vermehrung der Keimzahl hervorruft."

Ich habe in meinen Versuchen dasselbe constatiren können, denn so oft es mir darauf ankam, die Bacterienzahl in meinen Versuchsbrunnen künstlich zu vermehren, ist es mir immer durch geringe Hinzugabe von sterilem Bouillon gelungen.

Alle die Momente, die das rasche Gedeihen der Wasserbacterien begünstigen, habe ich schon einigermaassen besprochen und damit glaube ich die hohe Keimzahl in meinen Brunnen erklärt zu haben. Es fragt sich nun jetzt, woher die Pilze in den Brunnenschacht gelangt sind? Das Eindringen der Keime von oben her konnte man in diesem Falle wohl als ausgeschlossen betrachten, denn die Brunnen waren die ganze Zeit mit gut schliessenden Holzdeckeln verschlossen. Dass das Aufdecken derselben während der Probeentnahme und Wasserstandmessung den hohen Keimgehalt der Brunnen bedingen konnte, ist von vornherein kaum anzunehmen. Um aber dazu einen Beweis liefern zu

1) l. c. pag. 99.
2) l. c. pag. 356.

können, habe ich den 5./VIII. die Holzdeckel von der oberen Oeffnung der Brunnen IV A und IV C entfernt und sie mit viereckigen Holzrahmen, die mit doppelter Gaze überzogen waren, durch welche die Luft und die Bacterien in den Brunnen frei gelangen konnten, ersetzt. Die bacteriologische Untersuchung ergab folgende Resultate:

Brunnen IV A.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Niederschläge mm.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen. I.	Rollröhrchen. II.	Durchschnittszahl.	
6./VIII.	8 U. M.	63	4.320	4.992	4.656	4,6
8./VIII.	„	63	69.700	76.500	73.100	0,2
11./VIII.	„	66	11.700	12.096	11.898	—
12./VIII.	„	68	2.170	2.125	2.148	—
13./VIII.	„	70	75.456	78.624	77.040	—
14./VIII.	„	72	29.500	34.056	31.778	—
15./VIII.	„	73	35.000	36.000	35.500	—
16./VIII.	„	75	1.133	1.000	1.067	0,5
17./VIII.	„	77	4.400	5.625	5.013	3,5
18./VIII.	„	79	10.000	11.250	10.625	—

Brunnen IV C.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

6./VIII.	8 U. M.	62	2.700	2.500	2.600	
8./VIII.	„	68	4.600	4.000	4.300	
11./VIII.	„	81	2.880	3.072	2.976	
12./VIII.	„	84	1.248	768	1.008	
13./VIII.	„	86	66.600	70.800	68.700	
14./VIII.	„	90	105.100	101.250	103.175	
15./VIII.	„	92	4.028	3.200	3.614	
16./VIII.	„	96	2.200	2.625	2.413	
17./VIII.	„	98	5.156	4.600	4.878	
18./VIII.	„	98	10.404	10.400	10.402	

Vergleichen wir diese Tabellen mit den Zahlen, die ich bei zugedeckten Brunnen erhalten habe, so müssen wir zugeben, dass dieselben keine wesentliche Steigerung durch das Aufdecken der Brunnen erlitten haben. Es müssen demnach andere Wege für das Eindringen der Keime in gegebenem Falle gedient haben. Kubel-Tiemann erwähnen in dem Capitel, wo sie über die Herkunft der Microorganismen im Wasser sprechen, dass die Menge der Keime, welche aus der Atmosphäre hineinfallen oder durch Zufälligkeiten hineingelangen, verschwindend klein ist.

Um die Wände der Brunnen besichtigen zu können, habe ich den 18. VIII. alle drei Brunnen ausgepumpt und mich vollkommen überzeugt, dass es keine Ordnungswidrigkeiten in der Fassung der Brunnen IV A und IV B. existiren. Bei dem Brunnen IV C erwies sich aber, dass die Verbindung zwischen den zwei ersten zur Fassung benutzten Thonröhren sich an einer Seite gelöst hatte und es präsentirte sich eine Spalte, durch welche das Oberflächenwasser frei in den Brunnen hineinsickerte. Dieser Umstand erklärt uns, warum bei den Messungen des Wasserstandes, trotzdem dass der Brunnen IV C bedeutend tiefer war als die beiden anderen, doch viel grössere Schwankungen sich erwiesen haben. Auch die Zahl der Keime müsste eigentlich in dem Brunnen IV C in Folge seiner Tiefe geringer sein als bei den Brunnen IV A und IV B und dennoch war es nicht der Fall, wie es aus der Tabelle ersichtlich ist. Auch dieses Ereigniss kann natürlich durch den mangelhaften Verschluss der Brunnenwandung erklärt werden, denn es gelangte ein Theil des unfiltrirten Oberflächenwassers direct in den Brunnenschacht hinein. — Zur Entscheidung der Frage, wie sich in diesem Falle das Grundwasser in Bezug auf seinen Keimgehalt verhielt, verfuhr ich folgender Weise. Vor allem habe ich den Brunnen IV C, um Zuflüsse von der Seite her aus-

schliessen zu können, in Ordnung bringen lassen. Um etwaige Bacterienansiedelungen, die uns bei den weiteren Versuchen geniren konnten, fortzuschaffen, wurden die Wände der Brunnen gründlich mit einer langgestielten Bürste abgerieben. Schliesslich wurde noch der Boden der Brunnen IV A und IV B gereinigt und mit sterilisirtem Sand beschüttet. Die so vorbereiteten Brunnen habe ich weiter bacteriologisch untersucht, indem ich täglich wieder um 8 Uhr Morgens die Wasserproben entnahm und gleichzeitig die betreffenden Brunnen mit einer Handpumpe auspumpte. So verfuhr ich eine ganze Reihe von Tagen. Die nach der Reinigung erhaltenen Resultate sind aus den Tabellen ersichtlich.

Brunnen IV A.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Niederschläge mm.
Tag der Entnahme	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen. I.	Rollröhrchen. II.	Durchschnittszahl.	
20./VIII.	8 U. M.	169	55.675	56.100	55.888	6,8
21./VIII.	„	140	4.400	3.718	4.059	—
22./VIII.	„	133	5.940	—	5.940	—
23./VIII.	„	114	17.128	20.928	19.028	—
24./VIII.	„	113	47.800	35.784	41.792	4,4
25./VIII.	„	100	23.432	23.250	23.341	—
26./VIII.	„	100	112.500	120.000	116.250	—
27./VIII.	„	104	39.270	42.240	40.755	—
28./VIII.	„	—	—	—	—	—
29./VIII.	„	108	27.788	23.712	25.750	—
30./VIII.	„	—	—	—	—	0,6
31./VIII.	„	110	85.800	73.320	79.560	2,4

Brunnen IV B.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Niederschläge mm.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen.		Durchschnittszahl.	
			I.	II.		
20./VIII.	8 U. M.	132	19.500	19.125	19.313	6,8
21./VIII.	„	115	2.944	4.875	3.900	—
22./VIII.	„	110	91.776	—	91.776	—
23./VIII.	„	110	16.575	19.200	17.888	—
24./VIII.	„	112	173.952	150.192	162.072	4,4
25./VIII.	„	99	182.016	176.200	179.108	—
26./VIII.	—	—	—	—	—	—
27./VIII.	„	100	160.400	154.312	157.356	—
28./VIII.	—	—	—	—	—	—
29./VIII.	„	104	180.938	204.480	192.709	—
30./VIII.	„	108	62.400	60.645	61.528	0,6
31./VIII.	„	106	246.870	275.625	261.248	2,4

Brunnen IV C.

20./VIII.	8 U. M.	98	51.600	49.312	50.456	6,8
21./VIII.	„	145	3.000	4.050	3.525	—
22./VIII.	„	147	102.375	—	102.375	—
23./VIII.	„	135	22.950	24.192	23.571	—
24./VIII.	„	118	138.000	—	138.000	4,4
25./VIII.	„	95	73.536	69.600	71.568	—
26./VIII.	—	—	—	—	—	—
27./VIII.	„	105	455.000	436.600	445.800	—
28./VIII.	—	—	—	—	—	—
29./VIII.	„	94	392.832	393.000	392.916	—
30./VIII.	„	106	445.185	429.750	437.468	0,6
31./VIII.	„	95	367.850	404.250	386.050	2,4

In Bezug auf den Keimgehalt des Grundwassers sind die Stimmen der Forscher einig: es wird dasselbe im Allgemeinen als gut filtrirtes und bacterienfreies Wasser angesehen. Dass es aber Fälle giebt, wo das Grundwasser bacterienreich gefunden werden kann, ist ebenfalls mehrfach betont worden. Unter vielen anderen Autoren, die die erstere Ansicht vertreten, hat besonders Fränkel[1]) schlagende Beweise für die Keimfreiheit des Grundwassers geliefert. Zu seinen Versuchen dienten ihm zwei Röhrenbrunnen auf dem Hofe des Hygienischen Instituts in Berlin, die seit mehreren Monaten nicht im Gebrauch gewesen waren. Als er die erste Wasserprobe aus den Brunnen entnahm, erwies es sich, dass bei einem Brunnen 1 Ccm. Wasser 10.800 Keime enthielt; durch Abschöpfen des Wassers gelang es aber Fränkel die Keimzahl auf 54 zu reduciren. Fränkel ging noch weiter: er nahm an, dass das frisch zuströmende Grundwasser bacterienfrei sei und dass der geringe Keimgehalt, welchen er noch immer in demselben fand, das Resultat der Verunreinigung innerhalb des Brunnens selbst anzusehen sei. Um deshalb ein klares, ungefälschtes Bild von dem Zustande des in den Brunnen eintretenden Grundwassers zu erlangen, wurden die Brunnen mit einer Schwefelcarbolsäuremischung desinficirt. Die weiteren Wasserproben erwiesen sich bacterienfrei und blieben 7 Tage lang steril. Die noch mehrfach wiederholten Versuche bestätigten seine Annahme. Fränkel will aber damit durchaus nicht behaupten, dass es sich immer so verhalten soll; er spricht sich nämlich über diese Frage folgendermaassen aus: „überhaupt wird eine genaue und vorurtheilslose Berücksichtigung der soeben erörterten Thatsachen uns davon abhalten, das hier ermittelte Factum des Fehlens der Bacterien im Grund-

1) Untersuchung über Brunnendesinfection und den Keimgehalt des Grundwassers. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VI.

wasser etwa ohne Weiteres verallgemeinern und rückhaltlos als gesetzmässig, als unbedingt zutreffend erklären zu wollen. Es giebt im Gegentheil noch eine ganze Reihe von Bedingungen, unter welchen die Filtrationskraft des Bodens versagen muss und das unterirdische Wasser Microorganismen zu führen vermag."

In meinem Falle hatte ich entschieden mit stark bacterienhaltigem Wasser zu thun gehabt. Die vorstehenden Tabellen zeigen uns deutlich, dass mit dem Auspumpen der Brunnen die Keimzahl nicht im geringsten abnahm, sondern umgekehrt, sogar bedeutend zunahm. Diese Steigerung der Keimzahlen glaube ich darauf zu beziehen, dass durch Leerpumpen der Brunnen eine viel raschere Filtration des Wassers befördert wurde, und ebenso, wie bei künstlicher Filtration unter erhöhtem Druck und Vermehrung des in der Zeiteinheit gelieferten Productes, das Filtrat an Qualität leidet, müsste auch in diesem Falle eine Vermehrung resultiren. Welche Momente für den Keimgehalt des Grundwassers hauptsächlich maassgebend sind, nennt uns unter anderen Bolton: „nur bei geringem Abstand des Grundwassers von der Oberfläche, bei einem sehr lockeren oder künstlich aufgeschütteten Boden wird möglicherweise eine reichlichere Beladung des Grundwassers mit Bacterien eintreten." Uebertragen wir die von Bolton aufgestellten Bedingungen auf unseren Fall, so haben wir eine vollständige Erklärung für den Keimgehalt des von mir untersuchten Grundwassers gefunden.

Bei den von mir beobachteten Brunnen liegt das Grundwasser sehr hoch: der Wasserstand schwankte zwischen 100—45 Ctm. (von der Bodenoberfläche gerechnet). Das Terrain, in welchem die Brunnen angelegt worden sind, besteht aus aufgeschütteter Erde und Torf, dem entsprechend ist auch die Filtrationskraft des Bodens eine mangelhafte,

enn durch weitmaschigen Torfboden kann keine genügende iltration des durchsickernden Wassers zu Stande kommen. Vie rasch das Oberflächenwasser diese Bodenschichten pasirte, hatte ich mehrmals Gelegenheit zu beobachten. Ich nerkte nämlich, dass, sobald es geregnet hatte, schon am weiten höchstens am dritten Tage, der Grundwasserstand auptsächlich in den Brunnen IV B und IV C sich rasch hob. Die in den Tabellen angegebenen Zahlen können uns dafür ls Beweis dienen. So sehen wir z. B., dass am 29./VII. die Regenmenge 31,1 Mm. betrug und in Folge dessen bereits m 30./VII. der Grundwasserstand bedeutend gestiegen ist: on 85 resp. 88 Ctm. ist der Abstand des Wasserspiegels, on dem Erdboden gerechnet, in den Brunnen IV B und IV C uf 69 resp. 47 gesunken.

Ich kam demnach zu denselben Resultaten bei der Beobachtung der Brunnen, zu welchen auch mein Vorgänger Keck gekommen ist. Als schuldtragende Momente an dem Keimgehalt des Grundwassers müssen auch, meiner Meinung nach, der Hochstand des Grundwassers und die mangelhafte Filtrationskraft des Bodens in gegebenem Falle angenommen werden.

Ausser diesen 3 Brunnen untersuchte ich noch bacteriologisch einen Pumpbrunnen, der ausserhalb des Gartens, aber in demselben Hofe, etwa auf 30 Meter Abstand von den drei erstgenannten, sich befindet. Der Keimgehalt während der Zeit von 6./VIII.—5./X. schwankte folgendermaassen:

Der Pumpbrunnen auf der Flor'schen Besitzung.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wie viel Wasser zur Untersuch. genommen.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Niederschläge mm.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		Rollröhrchen.		Durchschnittszahl.	
			I.	II		
6./VIII.	8 U. M.	$^1/_2$ Ccm.	300	234	267	4,6
7./VIII.	„	„	—	—	—	0,2
8./VIII.	„	„	211	230	221	—
9./VIII.	„	„	650	650	650	—
10./VIII.	„	„	630	653	642	—
11./VIII.	„	„	432	312	372	—
12./VIII.	„	„	260	1.404	832	—
13./VIII.	„	„	319	291	305	—
14./VIII.	„	„	893	926	910	—
15./VIII.	„	„	528	500	514	—
16./VIII.	„	„	460	300	380	0,5
17./VIII.	„	„	450	380	415	3,5
18./VIII.	„	„	594	614	604	—
19./VIII.	„	„	941	864	903	4,0
20./VIII.	„	„	750	630	690	6,8
21./VIII.	„	„	582	630	606	—
23./VIII.	„	„	882	769	826	—
24./VIII.	„	„	3.825	2.772	3.298	4,4
25./VIII.	„	„	282	300	291	—
27./VIII.	„	„	600	422	511	—
29./VIII.	„	„	826	624	725	—
30./VIII.	„	„	Verdorben		—	0,6
31./VIII.	„	„	780	720	750	2,4
1./IX.	„	„	356	328	342	0,5
2./IX.	„	„	562	448	505	0,7
3./IX.	„	„	750	586	668	—
5./IX.	„	„	480	600	540	—

Datum.		Wie viel Wasser zur Untersuch. genommen.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Niederschläge mm.
			Rollröhrchen.		Durchschnittszahl.	
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme		I	II.		
3./IX.	8 U. M.	½ Ccm.	676	546	611	—
7./IX.	„	„	609	—	609	4,7
9./IX.	„	„	3.694	4.088	3.891	—
0./IX.	„	„	439	507	473	—
1./IX.	„	„	550	—	550	—
2./IX.	„	„	488	430	459	—
3./IX.	„	„	440	460	450	—
4./IX.	„	„	676	586	631	2,0
5./IX.	„	„	544	562	553	—
6./IX.	„	„	844	1.000	944	0,2
7./IX.	„	„	1.546	1.594	1.570	—
8./IX.	„	„	1.172	1.406	1.289	—
9./IX.	„	„	1.312	1.216	1.264	—
0./IX.	„	„	1.980	1.980	1.980	—
1./IX.	„	„	826	838	832	—
2./IX.	„	„	900	846	873	—
3./IX.	„	„	878	862	870	—
5./IX.	„	„	1.080	844	962	—
6./IX.	„	„	488	750	619	—
7./IX.	„	„	750	650	700	8,5
8./IX.	„	„	610	—	610	0,9
9./IX.	„	„	938	1.052	985	12,8
0./IX.	„	„	732	1.032	892	1,7
1./X.	„	„	1.350	1.688	1.519	2,8
2./X.	„	„	1.658	2.224	1.941	8,9
3./X.	„	„	1.170	1.122	1.146	2,7
4./X.	„	„	878	—	878	—
5./X.	„	„	800	700	750	—

Es erweist sich aus den Tabellen, dass der Keimgehalt in den Brunnen im Garten und dem auf dem Hofe sich kolossal unterscheiden: während sich dort bis über 400.000 Colonien in 1 Ccm. entwickelten, fand ich hier höchstens 4.000 Keime. Als Grund für die so bedeutende Differenz, trotzdem dass die Brunnen ziemlich nah von einander entfernt sind, glaube ich die verschiedene Beschaffenheit des Grundwassers annehmen zu dürfen.

Nach Roth[1]) hängt die Beschaffenheit des Grundwassers in der nahe bei einander gelegenen Brunnen von der Gestalt und Neigung der undurchlässigen Schicht. An allen Stellen, wo die undurchlässige Schicht sich muldenförmig vertieft und ein Fliessen des Grundwassers nur in den obersten Lagen stattfinden kann, wird das Wasser in den unteren Lagen stagniren; somit wird ein begünstigendes Moment für das Aufspeichern der von oben her zugeführten Verunreinigungen, so wie für eine rapide Bacterienwucherung geschaffen. Ob es sich in unserem Falle um solche Verhältnisse handelt, ist von vorne herein schwer zu sagen, es kann auch diese Möglichkeit wohl vorliegen; doch glaube ich hier einen anderen Factor als den wahrscheinlicheren annehmen zu dürfen. Es befindet sich nämlich oberhalb des natürlichen Gefälles der im Garten angelegten Brunnen eine undichte Abtrittsgrube, und es versickern zum Theil daselbst auch die Abwässer der Küche in den Boden. Es ist demnach anzunehmen, dass das hier oberflächlich liegende Grundwasser an dieser Stelle verunreinigt wird und in solchem Zustande direct auf die erwähnten drei Brunnen hinfliesst. Diese Erklärung giebt Woloschinsky[2])

1) l. c. pag. 323.

2) Bacteriologische Brunnenwasseruntersuchung auf dem reehten Embachufer in Dorpat. Dissert. 1892, Dorpat.

seiner Arbeit an, und sie ist auch meiner Meinung nach die zutreffendste.

Sobald wir die Thatsache, dass das zu den im Garten angelegten Brunnen zuströmende Wasser keimreich ist, festgestellt haben, ist damit ein Beweis geliefert, warum mit dem Steigen des Wasserstandes keine nennenswerthe Abnahme der Keimzahlen in den betreffenden Brunnen stattfand. Vielmehr ergiebt sich bei der Betrachtung der Tabellen öfter eine Zu- als Abnahme der Keime, was gleichfalls zu erklären ist, wenn man den Umstand im Auge behält, dass die oben angeführten Schmutzzuflüsse intermittirend bis zu den drei Brunnen gelangen. Ueber die Abstammung der in dem Pumpbrunnen gefundenen Keime ist schwer ohne Weiteres ein entscheidendes Urtheil abzugeben, doch möchte ich auch hier für die Herkunft der Keime das Grundwasser beschuldigen, denn, trotzdem dass der betreffende Brunnen von der Umgebung stark in Anspruch genommen wird, enthält er eine recht bedeutende Bacterienzahl. Es muss sich auch hier um eine ungenügende Filtration des zuströmenden Wassers handeln, wenn wir den Umstand in Betracht ziehen, dass gerade an den Tagen (27./IX.—3./X.), wo die Niederschlagsmenge am grössten ausfiel, auch die Zahl der Keime in die Höhe stieg.

Nachdem ich die ersten mich bei dieser Gelegenheit interessirenden Fragen möglichst ausführlich bearbeitet habe, gehe ich jetzt zu den Versuchen die Brunnen zu desinficiren über. Um aber grössere Ausschläge bei der Beobachtung der Wirkung der von mir angewandten Mittel auf die im Wasser befindlichen Organismen zu bekommen, vermehrte ich anfangs künstlich den Keimgehalt der Brunnen, indem ich sie mit Bouillonculturen des weissen und gelben Bacil. radiciformis inficirte. Bacillus radiciformis wählte ich wegen seiner charakteristisch wachsenden und schon fast mit blossem

Auge erkennbaren Colonien. Es ergab sich aber, wie aus den nachstehenden Tabellen deutlich zu ersehen ist, dass, trotz enormer Vermehrung des Keimgehaltes überhaupt Radiciformis Colonien fast völlig fehlten und nur in den Proben, welche ich gleich nach der Infection um 8 Uhr Morgens entnahm, waren sie in reichlicher Menge vorhanden, während sie schon um 4 Uhr fehlten. Dieses Resultat glaube ich so zu erklären, dass die eingebrachten Radiciformiskeime durch andere sich rasch in Folge der Zugabe eines guten Pilznahrungsstoffes vermehrenden Bacterien abgetödtet wurden. In Folge dessen habe ich später, sobald es mir darauf ankam, die Zahl der Keime zu vermehren, dieses durch Zugabe vom sterilisirten Bouillon in den Brunnen erreicht. Da ich es jetzt mit grösseren Mengen von Keimen zu thun hatte, so gebrauchte ich bei der Anlegung der Culturen nicht eine Verdünnung von 1:20, sondern von 1:500. Die hier beigelegten Tabellen zeigen uns den Keimgehalt der Brunnen, nachdem ich mit dem Auspumpen aufgehört hatte und ebenso veranschaulichen sie uns, wie sich die Keime nach Bouillonzusatz verhielten.

Brunnen IV A.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			Rollröhrchen.		Durchschnittszahl.	
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.		I.	II.		
1./IX.	8 U. M.	105	10.920	12.285	11.603	
2./IX.	„	105	35.100	38.060	36.580	
3./IX.	„	105	39.750	41.250	40.500	
4./IX.	„	106	24.100	22.126	23.063	
5./IX.	„	106	37.000	37.050	37.025	D. 6/IX. um 8 Uhr M. ½ Liter steril. Bouillon eingegossen.
6./IX.	„	107	20.438	19.312	19.975	
6./IX.	—4	—	17.063	16.185	16.624	

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.		Rollröhrchen. I.	Rollröhrchen. II.	Durchschnittszahl.	
./IX.	8 U. M.	105	178.125	134.063	156.094	
	„	115	402.188	468.750	435.469	
./IX.	4	—	1.182.188	843.386	1.012.787	
./IX.	8	119	923.625	926.250	924.938	
./IX.	„	114	2.230.000	2.578.125	2.404.063	
./IX.	4	—	995.000	962.812	978.906	

Brunnen IV B.

Untersuchung auf entwickelungsfähige Keime.

./IX.	8 U. M.	106	25.740	25.782	25.761	D. 3./IX. um 8 Uhr M. mit Bouillonculturen (½ Liter) Brunnen inficirt. Bei der Probeentnahme um 8 Uhr Morg. waren nur von den weissen B. radiformis 33.750 u. von den gelben 3.375 Keime.
./IX.	„	105	127.876	128.438	128.157	
./IX.	„	107	125.625	120.800	123.213	
./IX.	„	—	540.000	440.838	490.419	
./IX.	—4	—	1.130.000	1.221.250	1.175.625	
./IX.	—8	—	2.381.250	2.560.340	2.470.795	

Brunnen IV C.

./IX.	8 U. M.	95	159.900	152.246	156.078	D. 3./IX. um 8 Uhr Morg. wurde der Brunnen mit Bouillonculturen (½ Liter) v. weissen u. gelben B. radiciformis inficirt. Bei d. gleich darnach entnommenen Wasserprobe wurden nur
./IX.	„	94	183.040	179.250	181.145	
./IX.	„	94	163.488	168.600	166.044	
./IX.	„	„	555.000	545.625	520.313	
./IX.	—4	—	1.320.000	1.250.000	1.285.000	
./IX.	—8	94	896.250	600.000	748.125	
./IX.	—4	—	4.186.875	4.752.000	4.469.438	
./IX.	—8	94	4.801.875	4.690.000	4.745.938	
./IX.	—4	—	3.134.625	3.424.687	3.279.656	

Datum.		Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.		Rollröhrchen.		Durchschnittszahl.	
			I.	II.		
6. IX.	8 U. M.	94	7.600.000	7.931.438	7.765.719	3.333 Keime von weissen Bacil. radiciformis gefunden.
6. IX.	—4	—	7.124.000	7.265.624	7.194.812	
7. IX.	—8	92	7.431.250	7.000.500	7.215.875	
8. IX.	„	95	5.190.000	5.465.625	5.327.813	
9. IX.	„	95	5.035.375	5.049.000	5.042.188	

Seitdem es von Fränkel[1]) bewiesen worden, dass das Grundwasser, als solches, im Allgemeinen keimfrei in den Brunnen eintritt und dass die Verunreinigungen in Gestalt von Microorganismen als Resultat etwaiger Ordnungswidrigkeiten in der Fassung der Brunnen oder eines mangelhaften Schutzes derselben gegen Tageswasser angesehen werden müssen, wissen wir worauf man hauptsächlich bei der Begutachtung der Brunnen achten muss. Während einer Epidemie ist das Trink- und Nutzwasser der Gefahr einer Infection am meisten ausgesetzt, doch, wenn man alle Bedingungen, welche bei der Anlage der Brunnen berücksichtigt werden müssen erfüllt hat, braucht man sich nicht zu fürchten, durch das Wasser angesteckt zu werden. Dass aber zur Zeit einer Seuche der Infectionsstoff irgendwie von aussen her in die Wasseranlagen zeitweilig gelangen kann und somit ein Moment für die Verbreitung der Epidemie abgeben wird, darf nicht geleugnet werden. Jedoch auch in solchen selten vorkommenden Fällen haben wir ein Hilfsmittel in der Hand, indem wir die einmal verunreinigten Brunnen desinficiren können. Die Art und Weise, wie man bei dem Verfahren vorgehen muss, hat uns Fränkel in seiner Arbeit: „über Brunnendesinfection und Keimgehalt des Grundwassers" dargethan, so wie auch die Resultate, welche man mit dem Desinfectionsverfahren erreichen kann, experimentell nachgewiesen. Ausser den Versuchen, die ich schon früher (Seite 37) beschrieben habe, stellte Fränkel noch andere auf, welche ihm noch bessere positive Resultate ergaben. Zu diesem Zwecke inficirte er seine Untersuchungs-

1) l. c. pag. 23.

brunnen mit Dauersporen des Heubacillus; danach wurden die betreffenden Brunnen durch Hineingiessen von 2 Liter concentr. Schwefelcarbolsäuremischung desinficirt, wonac die zur bacteriologischen Prüfung entnommenen Wasserproben erwiesen haben, dass weder andere Bacterien noch die eingebrachten Sporen im Brunneninhalt vorhanden waren. Seine Experimente stellte Fränkel an zwei Röhrenbrunnen und an einem Kesselbrunnen an und fand dabei, dass der letztere wegen der mangelhaften, in der Anlage selbst begründeten Verhältnissen, viel weniger einer gründlichen Desinfection zugänglich war. Als Mittel zur Desinfection der Kesselbrunnen wird von Fränkel aus mehreren Gründen Kalk empfohlen, während für die Röhrenbrunnen eine concentr. Schwefelcarbolsäuremischung vortheilhafter sich erweisen sollte. Demnach können wir thatsächlich mit der Desinfection auch bei der Wasserfrage recht vieles leisten, indem wir dieselbe während einer Epidemie practisch anwenden können. Dessen ungeachtet muss jedoch gewarnt werden, dass man der Brunnendesinfection nicht allzu viel Vertrauen schenken kann. Sei es unter natürlichen Verhältnissen oder zur Zeit einer Epidemie muss vor allem für eine gute Anlage tadellose Construction und einen regelmässigen Betrieb der Brunnen gesorgt werden, während die Frage über Desinfection derselben eine endschieden secundäre Rolle einnehmen muss, denn sie gelingt erst dann, wenn alle erwähnten Bedingungen erfüllt sind. Schliesslich wird noch auf ein Moment, welcher bei der Brunnendesinfection in Betracht kommt von Fränkel verwiesen — nämlich auf das Grundwasser. In Bezug auf das letztere drückt er sich folgendermaassen aus: „die Frage einer wirksamen Brunnendesinfection kann nur im Zusammenhang mit der Frage vom Keimgehalt des Grundwassers, von den Beziehungen desselben zu den microorganismen entschieden werden.“ Wenn

emnach Fränkel mit seinen Versuchen zu vollkommen positiven Resultaten gelangte, lehrt er uns selbst so den mstand zu erklären, dass er bei Aufstellung seiner Versuche in keine Verlegenheit weder von Seiten der Brunnenanlage noch seitens des Grundwassers gerathen ist: seine Untersuchungsbrunnen waren tadellos construirt und das dieselben speisende Grundwasser war keimfrei.

Ganz anders gestaltet sich die Sache, wenn die Verhältnisse ungünstiger ausfallen, wenn weder das eine noch das andere Moment den hygienischen Forderungen entspricht. Dass eine einmalige Desinfection eines solchen Brunnens, welcher sei es in Folge mangelhafter, nicht wasserdichter Fassung, sei es vom Grundwassergebiete aus einer Infection beständig offen steht, von sehr vergänglichem Werthe und geringer Bedeutung erscheint, liegt auf der Hand. In solchen Fällen kann nur eine öfters vorgenommene Desinfection etwas leisten. Es ist wohl leicht möglich durch tägliche Zugaben von Sublimat, Carbolsäure und anderen keimtödtenden Mitteln auch einen schlecht angelegten Brunnen keimfrei zu erhalten, nur muss dabei nicht vergessen werden, dass wir somit das Wasser ausser Gebrauch setzen. Bei derartigem Verfahren ist es die erste Forderung, dass man solche Mittel zur Verfügung hat, die die Vergiftungsgefahr für Menschen und Thiere möglichst vollständig ausschliessen. Diese Bedingungen sind natürlich die wesentlichsten, zugleich aber kaum erfüllbar, denn unsere besten Desinficienzia sind auch für den Menschen Gifte. Es giebt jedoch eine ganze Reihe von Mitteln, die seit altersher zur Reinigung des Wassers gebraucht worden sind und auch heutzutage noch vielfach anempfohlen werden. Es lag demnach der Gedanke nahe, gerade jetzt die Leistung derselben experimentell zu erforschen und so eine Auskunft darüber zu gewinnen, ob man dieselben zur Zeit einer Choleraepidemie für die Bevölkerung,

welche auf schlechte Brunnen angewiesen und somit unzweiflich der Infection ausgesetzt ist, als Schutzmaassregeln anempfehlen könne. Während zwei meiner Collegen zu derselben Zeit über die Beschaffenheit der Brunnen Dorpats recht eingehende Studien unternommen haben, habe ich unter anderem die vorliegende Frage zu bearbeiten mir Mühe gegeben. Für meine Versuche benutzte ich die drei Untersuchungsbrunnen, in welchen sich das Grundwasser als keimreich erwiesen hatte. Es war demnach interessant zu wissen, was wir mit den zur Wasserreinigung vorgeschlagenen Mitteln in solchen Fällen leisten können und welcher practische Werth von denselben unter solchen Umständen zu erwarten ist. Die Substanzen, welche ich zu meinen Experimenten behufs Brunnendesinfection wählen konnte, mussten natürlich das Wasser selbst nicht beeinflussen und ohne bedeutende Kosten in möglichst kleinen Quantitäten zum Ziele führen.

Von diesem Standpunkte ausgehend gebrauchte ich anfangs zu meinen Versuchen chemisch indifferente unschuldige Mittel, welche bekanntlich keine keimtödtende Wirkung ausüben und somit keine Desinficientia sind, sondern nur durch ihre rein mechanische Wirkung die Verminderung der im Wasser befindlichen Keime herbeiführen. Diese Stoffe wirken nämlich keimvermindernd in zweierlei Weise: zuerst dadurch, dass sie als gröbere Körper sich auf die Microorganismen legen und diese einfach zu Boden drücken, sodann die in ihrer Nähe befindlichen kleineren Körper anziehen. Dass für das Verschwinden der Microorganismen bei der Anwendung dieser Mittel die Attractionskraft in Frage kommt, ist von Brödtler und Percy Frankland[1]) bewiesen worden. Von Bruno Krüger[2]) ist eine ganze Reihe von Ver-

1) Citat in Zeitschrift für Hygiene, Bd. VII, pag. 95.

2) Die physikalische Einwirkung von Sinkstoffen auf die im Wasser befindlichen Microorganismen. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VII 1889.

suchen mit den so eben genannten Mitteln angestellt worden, die Resultate, welche sich dabei erwiesen haben, sind von Krüger folgendermaassen zusammengefasst: „fein vertheilte chemisch indifferente Substanzen nehmen, in Wasser gebracht, einen grösseren Theil der in demselben enthaltenen Bacterien mit zu Boden. Die Wirkung ist um so grösser je langsamer bis zu einer gewissen Grenze das Niedersinken erfolgt und je mehr Material eingebracht wird." — Die von mir ausgeführten Versuche ähneln in vieler Hinsicht den oben genannten, nur dass ich den natürlichen Verhältnissen mich mehr anpasste. Krüger stellte seine Versuche in grossen cylindrischen Glasgefässen an und, nachdem er die betreffenden Substanzen in sterilem, feingepulvertem Zustande in dieselben hineingebracht hatte und eine Anzahl von Stunden sich absetzen liess, bestimmte er die Keimzahlen oben, in der Mitte und am Boden der Gefässe. Um bei solchen Versuchen den störenden Einfluss der Beweglichkeit der Microorganismen ausschliessen zu können, wählte er vorwiegend zu den Experimenten einen unbeweglichen Bacillus; zur Vermeidung der bedeutenderen Temperaturdifferenzen standen die Versuchsgefässe in einem Keller, welcher seine Temperatur nur wenig änderte.

Selbstverständlich müsste dementsprechend auch der Effect seiner Versuche ausgiebiger ausfallen als bei mir, wo ich auf natürliche Verhältnisse angewiesen war. Eine wie grosse Rolle jedoch diese störenden Momente spielen, zeigen deutlich die von Krüger und mir gewonnenen Resultate: während er eine bis zu 90-fache Verminderung der Keime constatiren konnte, war ich nur im Stande kaum um die Hälfte die Zahl der Bacterien in meinen Brunnen herabzudrücken. Mit den chemisch wirkenden Stoffen ist es auch mir gelungen die Zahl der Keime ums 200-fache (von 956.382 auf 40.229) zu reduciren. Die bedeutende Verminderung der Bacterien,

welche ich beim Versuch mit Holzkohle fand, glaube ich nicht auf die Wirkung der letzteren zu beziehen, sondern auf den Umstand, dass die Keime den für ihre weitere Entwickelung nöthigen Nährboden allmählich verbraucht haben.

Ich lasse mich nicht weiter auf die ausführliche Vergleichung der Resultate und Deutung derselben ein, denn meine Aufgabe war vor allem festzustellen, ob man die betreffenden Substanzen behufs Reinigung der Brunnen in bacteriologischem Sinne zur practischen Anwendung anempfehlen könne, die Besprechung aber aller anderer hier in Frage kommender Momente würde mich zu weit führen.

Bei den Versuchen bin ich auf folgende Weise vorgegangen. Die angewandten Substanzen wurden vorher in einem Mörser fein zerstossen, durchgesiebt und danach durch ein mehrstündiges Glühen in einem gewöhnlichen Ofen sterilisirt. Alsdann wurden die betreffenden Stoffe in einen von den Brunnen hineingethan und das Wasser gründlich durchgemischt. Zu diesem Zwecke bediente ich mich eines mit Querleisten versehenen Holzstabes. Während ich die feinpulverisirten Ingredientien in den betreffenden Brunnen allmählich hineinschüttete, rührte die mir zur Hilfe stehende Person mit dem Holzstabe das Wasser so um, dass der auf dem Boden liegende Schlamm nicht aufgewühlt wurde. Die Menge der zur Anwendung gekommenen Substanzen wurde vorher jedesmal abgewogen und je nach dem Inhalt der Brunnen in entsprechender Quantität benutzt. Jedesmal entnahm ich, bevor ich die Stoffe hineinbrachte, eine Wasserprobe, die folgende Wasserprüfung wurde am nächsten Morgen resp. an demselben Tage um 4 Uhr Nachmittags gemacht. Die Resultate, welche ich bei diesen Versuchen erhielt, lassen sich in folgender Reihe ordnen:

Kreide. (Brunnen IV C).

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl in Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
10./IX.	8	95	2.357.813	2.400.000	2.378.907	Den 10./IX. um 8 Uhr Morgens pro 1 Liter Wasser 2,0 Kreide.
„	4	—	1.373.438	921.375	1.147.407	
11./IX.	8	96	1.480.000	1.441.406	1.460.703	
12./IX.	8	96	1.631.250	1.700.000	1.665.625	
„	4	—	2.124.000	1.910.156	2.017.078	
13./IX.	8	96	1.080.000	950.000	1.015.000	
4./IX.	8	96	1.570.313	1.290.000	1.430.157	

Thon (Brunnen IV C).

14./IX.	8	96	1.570.313	1.290.000	1.430.157	Den 14./IX. um 8 Uhr Morgens pro 1 Liter Wasser 2,0 Thon.
15./IX.	8	96	545.000	759.375	652.188	
16./IX.	8	96	792.000	955.500	873.750	
17./IX.	8	96	804.375	750.000	777.188	
18./IX.	8	96	600.000	465.000	532.500	
19./IX.	8	97	609.375	717.188	663.282	

Coaks (Brunnen IV C).

19./IX.	8	97	609.375	717.188	663.282	Den 19./IX. um 8 Uhr Morgens pro 1 Liter Wasser 2,0 Coaks
20./IX.	8	100	375.000	380.000	377.500	
21./IX.	8	101	410.156	590.000	500.078	
21./IX.	4	—	589.320	621.428	605.374	

Sand (Brunnen IV B).

4./IX.	8	107	2.381.250	2.560.340	2.470.795	Den 4./IX. um 8 Uhr Morgens pro 1 Liter Wasser 10,0 Sand
„	4	—	1.993.126	1.476.562	1.734.844	
5./IX.	8	108	6.108.275	6.093.750	6.101.013	
„	4	—	3.095.625	2.851.875	2.973.745	

Sand (Brunnen IV B).

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
6./IX.	8	109	6.300.000	6.483.750	6.391.875	
„	4	—	6.637.500	7.24 5.000	6.941.250	
7./IX.	8	—	7.972.187	7.898.437	7.935.312	Den 7./IX. um 8 Uhr Morgens pro 1 Liter Wasser 40,0 Sand
8./IX.	8	113	5.472.000	4.903.125	5.187.563	
„	4	—	4.165.000	4.279.688	4.222.344	
9./IX.	8	117	4.560.000	4.597.125	4.578.562	
10./IX.	8	114	4.680.000	4.992.875	4.801.438	
„	4	—	5.090.625	4.972.500	5.031.563	
11./IX.	8	112	4.357.050	3.851.250	4.094.150	
12./IX.	8	113	3.914.062	3.636.750	3.775.406	
„	4	—	3.705.000	—	3.705.000	

Holzkohle (Brunnen IV B).

12./IX.	4	113	3.705.000	—	3.705.000	Den 12./IX. um 4 Uhr Nachmittags pro 1 Liter Wasser 1,5 Holzkohle.
13./IX.	8	114	2.000.000	2.440.625	2.220.313	
14./IX.	8	114	1.248.000	1.237.500	1.242.750	
15./IX.	8	114	92.625	117.000	104.813	
16./IX.	8	113	60.000	48.750	54.375	
17./IX.	8	113	84.375	78.000	81.188	
18./IX.	8	113	37.500	25.000	31.250	
19./IX.	8	116	12.500	11.000	11.750	
20./IX.	8	115	46.875	56.250	51.563	
21./IX.	8	116	164.063	187.500	175.782	Den 21./IX. um 8 Uhr Morgens 50 Ccm. sterilen Bouillon hineingegossen.
22./IX.	8	119	609.375	541.875	575.625	
23./IX.	8	120	257.812	225.000	241.406	
24./IX.	8	117	398.438	375.000	386.719	
25./IX.	8	120	1.025.000	980.000	1.027.500	

Ausser diesen Versuchen mit indifferenten Mitteln, führe ich einige an, wo ich solche Stoffe angewandt habe, welche ausser der mechanischen, noch eine chemische Wirkung besitzen. Auch hier wählte ich natürlich solche Substanzen, die in kleinen Mengen gebraucht keinen schädlichen Einfluss auf den menschlichen Organismus ausüben und schon vielfach für die Zwecke der Wasserreinigung empfohlen worden sind.

Magnesiumoxyd.

Bei Anwendung dieses Mittels erlangen wir ebenfalls eine Niedersenkung der Bacterien, zugleich aber soll nach Krüger[1]) ein Theil der Keime abgetödtet werden, was er auf die dabei erzeugte alkalische Reaction des Wassers bezieht.

Brunnen IV C.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
21./IX.	4		589.320	621.428	605.374	Den 21./IX. um 4 Uhr Nachmittags pro 1 Liter Wasser 1 grm. Magnesiumoxyd.
22./IX.	8	101	408.500	362.000	385.250	
23./IX.	8	101	187.500	220.500	204.000	
24./IX.	8	107	445.500	414.375	429.938	
25./IX.	8	102	1.505.000	1.500.000	1.502.500	
26./IX.	8	102	468.000	526.500	497.250	
27./IX.	8	102	1.305.000	1.320.000	1.312.500	
28./IX.	8	100	3.540.000	3.558. 750	3.549.375	
29./IX.	8	97	1.119.250	1.251.250	1.185.750	
30./IX.	8	95	645.938	928.125	787.027	

1) l. c. pag. 95.

Kalk.

Unter den zahlreichen zu Desinfectionszwecken empfohlenen chemischen Mitteln nimmt der Aetzkalk die hervorragendste Stellung ein. Ueberall, wo man Flüssigkeiten klären, sie von trübenden suspendirten und organisirten Beimengungen befreien will, hat sich der Kalk in erster Linie bewährt, denn neben der rein mechanischen Fällung dieser Substanzen, besitzt Kalk noch die Eigenschaft, die Microorganismen zu vernichten. Eine ganze Reihe von Arbeiten weisen uns auf den Kalk als ein vortreffliches Desinficiens hin. So haben Virchow und Hausmann[1]) festgestellt, dass durch Zusatz von Aetzkalk die Microorganismen ihre Lebensfähigkeit einbüssen. Liborius[2]) fand ferner, dass eine wässerige Kalklösung von 0,0074 proc. schon im Stande war, im Laufe von einigen Stunden, Typhus- und Cholerabacillen dauernd zu vernichten. Nach Hueppe soll Kalk als eins der besten Desinfectionsmittel für den Grossbetrieb bezeichnet werden. Wenn wir jetzt noch den Umstand beachten, dass ein geringer Kalkgehalt des Wassers seine Brauchbarkeit nur wenig in Frage stellen kann, desgleichen seinen niedrigen Preis berücksichtigen, so ist es wohl verständlich, warum der Kalk so mannigfaltige Anwendung erreicht hat. Zu Desinfectionszwecken wird gewöhnlich pulverisirter Aetzkalk, oder aus demselben gewonnene 20% Kalkmilch empfohlen. Demnach bereitete ich 20% Kalkmilch und nahm davon 150 grm. Der Inhalt des Brunnens IV B betrug an dem Tage 58 Liter, es kommt also auf diese Weise pro 1 Liter Wasser, etwa 0,5 grm. Kalk. Das Resultat war folgendes:

---

1) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 1887, pag. 96.

2) Untersuchung über desinficirende Wirkung des Kalkes. Zeitschrift für Hygiene, Bd. II.

Brunnen IV B.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand im Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
25./IX.	8	120	1.025.000	980.000	1.027.500	Den 25./IX. 8 Uhr Morgens 150 grm. von 20% Kalkmilch.
26./IX.	8	120	65.000	75.000	70.000	
27./IX.	8	122	70.500	73.000	71.750	
28./IX.	8	110	3.340.800	2.794.375	3.067.588	
29./IX.	8	96	412.500	442.000	427.250	
30./IX.	8	90	494.000	453.375	473.688	

Alaun.

Alaun ist seit alters her zur Klärung der Gewässer ein allgemein gebrauchtes Mittel gewesen. Zur Aufstellung dieser Versuche bin ich jedoch am meisten durch eine Abfassung, welche in der letzten Zeit von Babes[1]) über die Wirkung dieser Substanz geliefert wurde, angeregt. Babes stellte mehrere Versuche mit Alaun an und fand dabei, dass ein sehr trübes, bacterienreiches Wasser durch Zusatz geringer Quantitäten von Alaun nach 12—24-stündigem Stehen vollständig klar und bacterienfrei war. Alaun bewirkt nämlich im Wasser anfangs eine weissliche Trübung und danach eine Fällung, wobei auch alle corpusculären Elemente präcipitirt werden. Nach Babes soll ausserdem die Menge der im Sedimente befindlichen Wasserbacterien nach kurzer Zeit bedeutend abnehmen — eine Erscheinung, wofür er noch heutzutage keine Erklärung geben kann. Durch die glänzenden Resultate seiner Versuche veranlasst, empfiehlt Babes sehr warm, um ein keimfreies Wasser zu gewinnen, Alaun anzuwenden, dabei aber betont er ausdrück-

1) Ueber ein Verfahren keimfreies Wasser zu gewinnen. Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde, Bd. XII Nr. 1/5, 1892.

lich, dass man zu diesem Zwecke nur sehr geringe Quantitäten, etwa 0,1—0,4 pro 1 Liter Wasser gebrauchen soll. Bei Anwendung grösserer Mengen von Alaun bleibt ein Theil desselben in Wasser gelöst und kann, nach Babes, zu den, beim Genuss eines auf diese Weise geklärten Wassers, beobachteten Verdauungsstörungen Anlass geben. Dass durch öfteren Gebrauch des Alauns bei einigen Personen gastrische Erscheinungen wie Appetitstörungen, Uebelkeit, Brechneigung und Durchfälle erzeugt werden können, wird ebenfalls auch von Dr. Lewin[1]) erwähnt. Dieses Umstandes wegen wandte ich zu meinen Versuchen nur ganz geringe Quantitäten von Alaun an. Am 10./IX. wurde von mir der erste Versuch mit Alaun gemacht. Der Inhalt des Brunnens IV A betrug an dem Tage 65 Liter, dazu fügte ich nur 13 grm. Alaun hinzu. Sobald nach ein paar Tagen der Keimgehalt in dem Brunnen wieder in die Höhe stieg und ich den Versuch als beendet betrachten konnte, setzte ich jetzt 0,4 grm. Alaun pro 1 Liter Wasser hinzu. Das dritte Mal bin ich auf die gleiche Art vorgegangen nur habe ich noch grössere Quantitäten von der zu prüfenden Substanz angewandt. Der Geschmack des Wassers erwies sich bei allen drei Versuchen nicht im geringsten alterirt. Die bacteriologische Untersuchung ergab folgende Resultate:

Brunnen IV A.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
10./IX.	4 U. M.	—	995.000	962.812	978.906	D. 10./IX. um 4 Uhr Nachmittags 0,2 Grm. Alaun pro 1 Liter Wasser.
11./IX.	8	111	550.000	576.562	563.281	
12./IX.	„	112	417.182	375.000	369.094	
12./IX.	4	—	539.062	426.562	482.812	

1) Die Nebenwirkung der Arzneimittel. Berlin 1881.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
13./IX.	8	114	550.000	478.125	514.063	
14./IX.	„	114	1.101.563	811.200	956.382	D.14./IX. um 8 Uhr Morg. 0,4 grm. Alaun pro 1 Liter Wasser.
15./IX.	„	113	36.458	44.000	40.229	
16./IX.	„	113	65.625	58.500	62.063	
17./IX.	„	113	60.938	46.875	53.907	
18./IX.	„	113	97.500	70.312	83.906	
19./IX.	„	116	45.000	44.850	44.925	Den 18./IX. 8 Uhr Morg. 0,5 grm. Alaun pro 1 Liter Wasser.
20./IX.	„	115	70.313	61.094	65.704	
21./IX.	„	116	44.000	46.875	45.438	
22./IX.	„	120	80.925	—	80.925	
23./IX.	„	120	97.500	78.000	87.750	
24./IX.	„	117	109.688	124.800	117.244	
25./IX.	„	120	1.150.500	1.125.000	1.137.750	
26./IX.	„	120	90.000	117.000	103.500	Den 26./IX. 50 Ccm. sterilen Bouillon hineingegossen.
27./IX.	„	134	208.000	193.900	200.950	
28./IX.	„	111	2.451.563	2.578.875	2.515.219	
29./IX.	„	96	877.500	728.000	802.750	

Pyoctanin.

Das Pyoctanin ist ein entsprechend gereinigter Anilinfarbstoff, welcher in Folge seiner bacterientödtenden Wirkung von Stilling in die Therapie eingeführt und sehr empfohlen worden ist. Jaenicke[1]) wiederholte die Stilling'schen Versuche mit Reinculturen pathogener Microorganismen, wobei er ebenfalls zu dem Resultat gekommen ist, dass dem Methylviolett entschieden eine bacterienfeindliche

1) Ein Beitrag zur Kenntniss des Pyoctanin. Centralblatt für Bact. und Parasitenkunde. Bd. VIII, pag. 598.

Eigenschaft zukommt. Nach Behring[1]) verdienen die Anilinfarbstoffe durchaus das Interesse, welches ihnen neuerdings zugewendet wird. Aus den Versuchen von Jaenicke erweist sich, dass Pyoctanin gegenüber dem Staphylococcus pyog. aur. in Lösung von 1 : 2.000.000, gegenüber dem Milzbrandbacillus in 1 : 1.000.000, gegenüber den Kommabacillen der Cholera in 1 : 62.500, eine entwickelungshemmende Wirkung ausübt. Gänzlich aber sollen die betreffenden Microorganismen erst durch eine Methylviolettlösung 1 : 1000 vernichtet werden. Besondere toxische Wirkungen des Pyoctanin, auf den Menschen sind, so viel mir bekannt ist, noch nicht bemerkt worden. Behring meint, dass die Anilinfarbstoffe im lebenden Körper durch die in demselben sich abspielenden Reductionsvorgänge schnell zersetzt und grösstentheils unschädlich gemacht werden sollen. Wenn demnach das Pyoctanin schon in so schwachen Concentrationen einen schädlichen Einfluss auf die pathogenen Microorganismen ausübt und dabei keine nennenswerthen giftigen Eigenschaften besitzt, so lag der Gedanke nahe, dasselbe im gegebenen Falle, als Desinficiens zu versuchen. Es muss jedoch an einen wichtigen, störenden Umstand erinnert werden, nämlich an die intensive Farbe, welche das Pyoctanin dem Wasser verleiht. Aus dem Grunde habe ich nur sehr geringe Mengen von Pyoctanin zu meinen Versuchen anwenden können und doch musste ich zu dem Schlusse kommen, dass die betreffende Substanz schon wegen ihrer allzu intensiven Färbekraft als ungeeignet zu solchen Zwecken bezeichnet werden muss. Das erste Mal, wo ich eine Concentration 1 : 500.000 angewandt habe, war ein deutlicher violetter Schimmer im Wasser zu sehen, während beim zweiten Versuch mit einer Menge 1 : 60.000, das Wasser einen ganz dunklen violetten Farbenton bekam. Die Zahl der Keime hat sich folgendermaassen verhalten:

1) Ueber Desinfection, Desinfectionsmittel und Desinfectionsmethoden. Zeitschrift für Hygiene, Bd. IX.

Brunnen IV A.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter. I.	II.	Durchschnittszahl.	Bemerkungen.
29./IX.	8	96	877.500	728.000	802.750	Den 29./IX. um 8 Uhr Morg. Pyoctanin 1 : 500.000 hinzugesetzt.
30./IX.	„	90	632.812	697.500	665.156	
1./X.	„	82	1.425.000	—	1.425.000	
2./X.	„	80	1.218.750	1.003.600	1.111.175	
3./X.	„	80	1.631.250	1.462.500	1.546.875	
4./X.	„	82	1.718.438	1.687.500	1.702.969	
5./X.	„	80	1.650.000	1.450.000	1.550.000	
6./X.	„	80	1.720.000	1.680.200	1.704.100	

Brunnen IV B.

30./IX.	8	90	494.000	453.375	473.688	Den 30./IX. um 8 Uhr Morgens Pyoctanin 1 : 60.000 hinzugesetzt.
1./X.	„	82	4.954	4.500	4.727	
2./X.	„	80	33.894	48.626	41.260	
3./X.	„	80	25.328	24.250	24.789	
4./X.	„	84	23.328	24.375	23.852	
5./X.	„	80	46.800	60.500	53.650	
6./X.	„	85	21.360	18.750	20.055	
7./X.	„	86	35.400	42.000	38.700	Den 7./X. Brunnen ausgepumpt.
8./X.	„	87	85.000	94.250	89.625	
9./X.	„	86	114.226	116.000	115.058	

Wasserstoffsuperoxyd.

Die bacterientödtende Eigenschaft des Wasserstoffsuperoxyds ist in der Litteratur öfters hervorgehoben worden. Nach Flügge[1]) vernichtet Wasserstoffsuperoxyd die Milzbrand-, Rotz-, Typhus- und Cholerabacillen in einer Verdünnung

1) Grundriss der Hygiene, pag. 43. 1889.

von 1 : 200 innerhalb 5 Minuten, während für die Abtödtung dieser Keime innerhalb 4—24 Stunden schon eine Lösung von 1 : 500 genügen soll. Kirchner[1]) fand, dass eine 24 Stunden alte Bouilloncultur von Cholerabacillen, welche 349.920 Keime im Ccm. enthielt, durch Zusatz von 1,5 prom. Wasserstoffsuperoxyd sofort sterilisirt war. Aus diesem Grunde empfiehlt Kirchner eine 1,5 prom. Lösung von Wasserstoffsuperoxyd in Form hoher Eingiessungen bei Cholerakranken zu geben. Hauptsächlich bin ich jedoch zur Anwendung des Wasserstoffsuperoxyd bei meinen Versuchen durch eine Arbeit von Altehoefer[2]) veranlasst worden.

Der erste, der auf das Wasserstoffsuperoxyd als auf ein zweckentsprechendes bequemes Mittel hingewiesen hat, war van Hettinga Tromp[3]). Nach seinen Angaben wird ein vollständig steriles Wasser erreicht, wenn man demselben einen Gehalt von $1 H_2O_2$ zu 10.000 giebt und etwa einen Tag stehen lässt. Durch diese Mittheilungen angeregt, stellte Altehoefer unter Anleitung von Prof. Uffelmann auf's neue Versuche über die keimtödtende Wirkung des Wasserstoffsuperoxyds auf Wassermikroben an und stimmt ebenfalls dem van Hettinga Tromp zu, dass wir in dem H_2O_2 ein schätzenswerthes Mittel, Wasser zu sterilisiren, ohne dabei den Geschmack und die Farbe desselben zu alteriren, besitzen; die zu dem Zwecke erforderliche Menge des Wasserstoffsuperoxyds soll jedoch nach Altehoefer eine weit grössere sein. Die Ergebnisse seiner Versuche lauten, dass mindestens ein Zusatz von 1 Ccm. H_2O_2 : 1000 Trinkwasser erforderlich ist, wenn die gefährlichsten Krankheits-

1) Berliner klin. Wochenschrift, pag. 43. 1892.

2) Ueber Desinfectionskraft von Wasserstoffsuperoxyd auf Wasser. Centralblatt für Bacterien- und Parasitenkunde, Bd. VIII. 1890.

3) Citat ebenda.

erreger sicher getödtet werden sollen. Ueber die toxische Wirkung des H_2O_2 ist von Prof. Kobert[1]) folgendes angegeben: „das Wasserstoffsuperoxyd zerfällt im Contact mit lebendem Protoplasma und namentlich mit Blut in inactiven Sauerstoff und Wasser. Beide sind zwar ungiftig; falls aber der Zerfall in den Blutgefässen eines lebenden Menschen oder Thieres vor sich geht, so entsteht Verstopfung der Capillaren durch die Sauerstoffblasen und dadurch Aufhebung der Circulation und Erstickung. Bei der Einführung verdünnter Wasserstoffsuperoxydlösung in den Magen findet die Zersetzung meist vor der Resorption statt und so entsteht daher höchstens Aufstossen." Es besteht demnach bei der Anwendung so geringer Concentrationen keine Gefahr für den Menschen, zumal wenn wir den Umstand beachten wollen, dass das Wasserstoffsuperoxyd innerhalb des Wassers sich rasch zersetzt.

Das zu meinen Versuchen angewandte H_2O_2 bekam ich aus dem Institute des Herrn Prof. Dragendorff, die vorräthige Menge desselben war aber nicht so gross, dass ich mit der Concentration von 1 : 1000 einen Versuch anstellen konnte. Es wurden mir nämlich 3 Liter von 0,2% Wasserstoffsuperoxydlösung zur Verfügung gestellt. Das ganze Quantum goss ich am 30./IX. um 4 Uhr Nachmittags in den Brunnen IV C, dessen Inhalt an diesem Tage 55 Liter betrug, hinein. Mein Versuch war demnach mit einer Concentration von etwa 1 : 9000 gemacht worden. Die am I./X. und an nächsten Tage entnommenen Wasserproben ergaben folgendes Resultat:

1) Compendium der practischen Toxicologie. 1887. pag. 95.

Brunnen IV C.

Tag der Entnahme.	Zeit der Entnahme.	Wasserstand in Cm.	Colonienzahl im Cubikcentimeter.			Bemerkungen.
			I.	II.	Durchschnittszahl.	
29./IX.	8	97	1.119.250	1.251.250	1.185.750	Den 30. IX um 4 Uhr Nachmittags 3 Liter 0,2% Wasserstoffsuperoxydlösung hineingegossen.
30./IX.	„	95	645.938	928.125	787.027	
1./X.	„	86	2.868	4.000	3.434	
2./X.	„	84	5.558	6.500	6.029	
3./X.	„	84	45.625	38.327	41.976	
4./X.	„	95	111.300	98.250	100.025	
5./X.	„	84	27.300	35.000	31.150	
6./X.	„	90	65.718	58.876	62.297	
7./X.	„	96	140.250	139.000	139.625	
8./X.	„	86	120.326	122.400	121.363	
9./X.	„	90	208.425	210.027	209.226	

Somit habe ich in meinen Versuchen aus jeder Gruppe der zur Klärung und Befreiung des Wassers von Microorganismen empfohlenen Mittel, einige Repräsentanten angewandt und hoffe dabei — zu Resultaten gelangt zu sein — welche die practische Anwendung beleuchten. Die Resultate meiner Versuche lassen sich kurz in folgenden Worten zusammenfassen:

Ohne Zweifel, werden die Bacterien durch niedersinkende Substanzen in die Tiefe gerissen, der Effect der Wirkung ist jedoch viel ausgiebiger, wenn zu den rein mechanischen, noch eine chemische Wirkung hinzukommt.

Von allen geprüften Substanzen haben sich Alaun, Kalkmilch, Pyoctanin und Wasserstoffsuperoxyd als die wirksamsten erwiesen, jedoch hat sich keines von diesen Mitteln in so hohem Maasse bewährt, dass man es als ein sicheres Desinficiens anempfehlen kann. Unter solchen Ver-

hältnissen, wo die schlechte Beschaffenheit des Wassers von der mangelhaften Brunnenanlage abhängt, muss wohl Dr. Pfeiffer[1]) Recht gegeben werden, dass alle Klär- und Desinfectionsversuche nicht im Stande sind unser theoretisches Postulat zu erfüllen, sämmtliche organisirte Keime zu entfernen, indem sie einerseits unzureichend sind, anderseits sich von selbst verbieten. Es steht demnach uns zu Gebote nur ein sicheres Mittel, um ein schlechtes Wasser von allen schädlichen Stoffen und Bacterienkeimen zu befreien — nämlich dasselbe vor dem Gebrauch abzukochen. Vor allem aber müssen wir zur Anlage centraler Wasserleitungen, oder zu den rationell gebauten Tiefbrunnen unsere Zuflucht nehmen, während die offenen, nicht absolut wasserdicht construirten Kesselbrunnen als „hygienische Monstra" zu betrachten und zur Zeit einer Epidemie ohne Weiteres zu schliessen sind.

1) Klärung städtischer Abwässer. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XX. 1888.

Thesen.

1. Die Esmarch'sche Modification des Koch'schen Verfahrens ist dem Plattengiessen in vielen Beziehungen vorzuziehen.
2. Es wäre sehr wünschenswerth, sterilisirte Probirröhrchen wie auch die gebräuchlichsten bacteriologischen Nährböden in der Apotheke vorräthig zu haben.
3. Junge Wöchnerinnen sollen wegen oft vorkommender Unglücksfälle ermahnt werden, das Kind nicht in demselben Bette schlafen zu lassen.
4. Bei Versorgung der Clitorisrisse soll stets ein Catheter in die Urethra eingeführt werden.
5. Die Behandlung des Ulcus molle mit Jodoformgaze ist unpractisch.
6. Wenn Kinder tuberculöser Aeltern im späteren Lebensalter an Tuberculose erkranken, so spielen bei dieser Erkrankung die äusseren Umstände des Lebens eine ebenso grosse Rolle wie die hereditäre Belastung.
7. In den Anfangsstadien der Dysenterie sollte Colomel häufiger angewendet werden.